

**UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA**  
**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA**



Escola  
Técnica  
Superior  
de Enxeñaría

TRABAJO DE FIN DE GRADO

-Grado en Ingeniería Química-

**PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PARACETAMOL**

José Ramón Fachado Abuín

Julio 2018

# **ÍNDICE GENERAL**

## **1. DOCUMENTO I. MEMORIA**

**1.1. Anexo I. Balances de materia y energía**

**1.2. Anexo II. Cálculos justificativos**

**1.3. Anexo III. Análisis de rentabilidad**

**1.4. Anexo IV. Códigos empleados**

**1.5. Anexo V. Fichas de seguridad**

## **2. DOCUMENTO II. PLANOS**

## **3. DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES**

## **4. DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO**

## **5. DOCUMENTO V. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA**

**5.1. Estudio de impacto ambiental**

**5.2. Estudio de seguridad y salud**

**DOCUMENTO I**  
**MEMORIA**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	OBJETO .....	7
2	ALCANCE .....	8
3	ANTECEDENTES .....	9
4	NORMAS Y REFERENCIAS .....	10
4.1	Disposiciones legales y normas aplicadas .....	10
4.1.1	Normas de construcción .....	10
4.1.2	Normas de Seguridad y Salud .....	11
4.1.3	Normas de electricidad .....	11
4.2	Legislación .....	11
4.2.1	Relativo a construcción .....	11
4.2.2	Relativo a electricidad .....	11
4.2.3	Relativo a Seguridad e higiene .....	11
4.2.4	Relativo al medio ambiente .....	14
4.3	Códigos de diseño .....	17
4.4	Programas de cálculo .....	17
5	ABREVIATURAS .....	18
6	LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA .....	19
6.1	Vista histórica .....	20
6.2	Productos .....	21
6.3	Génesis de un producto .....	24
6.4	Importancia de la Ingeniería Química en la Industria Farmacéutica .....	25
7	HISTORIA, ORIGEN Y PROPIEDADES DEL PARACETAMOL .....	27
7.1	Propiedades físicas .....	28



7.2	Descubrimiento .....	28
7.3	Farmacocinética .....	30
7.4	Toxicidad (Farmacia Germana, 2017).....	31
8	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....	36
8.1	Ruta clásica .....	36
8.2	Ruta de Hoechst-Celanese.....	38
8.3	Otras rutas de producción.....	40
8.3.1	Producción a partir de clorobenceno (Hopp, y otros, 1994) .....	41
8.3.2	Producción a partir de nitrobenzeno .....	42
8.3.3	Acetamidación de hidroquinona .....	43
8.4	Producción en laboratorio .....	44
8.4.1	Síntesis de paracetamol mediante la diazotización de acetanilida.....	44
8.5	Elección del proceso.....	46
9	ESTUDIOS PREVIOS .....	47
9.1	Nitración de fenol.....	47
9.1.1	US 3510527 .....	48
9.1.2	US 5414148 .....	52
9.1.3	US 3668261 .....	53
9.1.4	US 3954892 .....	53
9.1.1	US 3933929 .....	55
9.2	Reacción de hidrogenación y acetilación .....	56
9.2.1	Síntesis de p-Aminofenol por hidrogenación catalítica de p-Nitrofenol ...	56
9.2.2	US 5648535 .....	61
9.2.3	US 4164481 .....	61
9.2.4	US 3113150 .....	63
10	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....	65
10.1	Reacción 1: nitración de fenol.....	65
10.2	Reacción 2: hidrogenación catalítica de p-nitrofenol.....	67

10.3	Reacción de acetilación de p-aminofenol.....	68
11	EMPLAZAMIENTO .....	70
11.1	Requisitos del emplazamiento.....	70
11.2	Obtención de fenol .....	70
11.3	Obtención de ácido sulfúrico.....	70
11.4	Obtención de ácido nítrico .....	70
11.5	Obtención de etanol.....	71
11.6	Venta de paracetamol .....	71
11.7	Selección de localización .....	71
11.8	Polígono Industrial .....	72
11.9	Parcela .....	73
11.10	Meteorología .....	73
11.11	Sismicidad.....	75
12	ESTUDIO DE MERCADO .....	77
12.1	Paracetamol .....	78
12.1.1	Precio y volumen de mercado.....	80
12.1.2	Producción mundial .....	81
12.1.3	Previsión de futuro.....	82
12.1.4	Principales consumidores .....	82
12.1.5	Principales productores.....	82
13	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	84
13.1	A-100: Área de almacenamiento de materias primas .....	84
13.2	A-200: Área de reacción: nitración .....	84
13.2.1	R-201: reactor de nitración/cristalizador .....	84
13.3	A-300: Área de separación .....	85
13.4	A-400: Área de purificación del para-nitrofenol .....	86
13.5	A-500: Área de reacción: hidrogenación.....	87
13.6	A-600: Área de separación .....	87

13.7	A-700: Área de reacción: acetilación. ....	88
13.8	A-800: Área de purificación del paracetamol. ....	88
13.9	A-800: Área de almacenamiento del producto terminado.....	88
14	MATERIAS .....	89
14.1	Materias primas .....	89
14.1.1	Fenol .....	89
14.1.2	Ácido nítrico 69% .....	96
14.1.3	Acido nitroso .....	99
14.1.4	Sales de nitrógeno.....	100
14.1.5	Ácido sulfúrico 98% .....	102
14.1.6	Hidrógeno .....	106
14.1.7	Anhídrido acético.....	112
14.1.8	Nitrógeno .....	116
14.1.9	Aire .....	121
14.1.10	Etanol.....	122
14.2	Productos intermedios .....	125
14.2.1	Ácido Acético .....	125
14.2.2	Nitrofenol.....	129
14.2.3	Aminofenol.....	131
15	ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA.....	134
15.1	Viabilidad de la tecnología seleccionada .....	135
15.2	Disponibilidad de materias primas y venta de productos.....	135
15.3	Disponibilidad de utilidades .....	136
15.4	Disponibilidad de equipos .....	137
16	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN .....	138
16.1	Introducción .....	138
16.2	Objetivos .....	138
16.3	Elementos de un lazo de control.....	139

16.4	Tipos de control.....	140
16.5	Nomenclatura .....	140
16.6	Instrumentación.....	142
16.6.1	Medidores y transmisores .....	142
16.6.2	Interruptores.....	143
16.6.3	Controladores.....	143
16.6.4	Válvulas de seguridad.....	145
16.6.5	Elementos finales de control.....	145
16.7	Lazos de control .....	145
16.7.1	Sección de reacción: nitración (A-200) .....	145
16.7.2	Sección de recuperación (A-300) .....	147
16.7.3	Sección de purificación de para-nitrofenol (A-400) .....	148
16.7.4	Área de reacción: hidrogenación (A-500) .....	151
16.7.5	Sección de recuperación de etanol (A-600).....	152
16.7.6	Sección de reacción: acetilación (A-700) .....	153
16.7.7	Sección de purificación de paracetamol (A-800).....	154
16.8	Corrientes auxiliares.....	155
17	SEGURIDAD EN DISEÑO Y EN OPERACIÓN.....	157
17.1	Introducción .....	157
17.2	Inventario de sustancias .....	157
17.3	Estudio de afectación .....	162
17.4	Distancias de seguridad entre equipos.....	165
17.5	Estudio de reactividad química descontrolada .....	170
17.5.1	Clasificación de compuestos según NFPA .....	170
17.5.2	Matriz de compatibilidad química .....	171
17.5.3	Criterio del balance de oxígeno .....	174
17.5.4	Índice de riesgo para reacciones fuera de control.....	175
17.6	Índice DOW de incendio y explosión .....	177

17.6.1	Determinación del factor de material.....	177
17.6.2	Determinación de los riesgos generales del proceso.....	177
17.6.3	Riesgos especiales del proceso .....	178
17.7	Dimensionamiento del dispositivo de alivio de presión.....	181
18	Bibliografía.....	183

## 1 OBJETO

El objeto de este proyecto es el diseño de una planta de producción de paracetamol, a partir de fenol, en un proceso que consta de tres reacciones principales:

- Nitración de fenol para la obtención de para-nitrofenol.
- Hidrogenación catalítica del para-nitrofenol para la obtención de para-aminofenol.
- Acetilación del para-aminofenol para la obtención del paracetamol.

La capacidad de la planta establecida es de 5.000 t/año, con un régimen de trabajo en discontinuo, con períodos de batch de 8 horas, las 24 horas del día y 330 días al año. La pureza requerida del paracetamol es del 99,5%.

## 2 ALCANCE

Los objetivos marcados en la realización del trabajo son los siguientes:

- Selección y descripción del proceso escogido:
  - Análisis de la industria farmacéutica, en la cual se engloba la industria del paracetamol.
  - Estudio de las propiedades del producto.
  - Estudios previos, donde se analizan los diferentes procesos patentados para la selección de la alternativa de producción final y su justificación.
  - Estudio de mercado de las materias primas y el producto, con el objetivo de conocer la situación actual, así como la tendencia en el futuro.
  - Selección del emplazamiento a partir de la información de mercado.
- Balances de materia y energía.
- Descripción de la planta y diseño de equipos:
  - Descripción de las zonas de la planta y los equipos presentes en cada una de ellas.
  - Diseño exhaustivo de los reactores de nitración y acetilación, así como de los cristalizadores de paracetamol.
  - Descripción y justificación de las medidas de seguridad necesarias, así como del sistema de control e instrumentación.
- Análisis económico del proyecto:
  - Análisis de rentabilidad de la instalación.
  - Estimación del presupuesto para la construcción.
- Estudios técnicos:
  - Estudio ambiental.
  - Estudio de seguridad y salud.

### **3 ANTECEDENTES**

En esta memoria se presenta el diseño de una planta de producción de paracetamol para la obtención de 5.000 t/año, a partir de un proceso de producción en discontinuo, con cargas cada 8 horas, funcionando 24 h/día y 330 días/año.

La elección del tema del Trabajo de Fin de Grado se basa en que la producción de paracetamol se centra especialmente en los Estados Unidos y en China, pero Europa se encuentra entre los principales consumidores a nivel mundial de este producto. Por ello se escoge una producción anual capaz de abastecer cerca de un 10% de la demanda europea, de un producto con un consumo en auge debido a sus propiedades analgésicas. Además, es un producto que puede encontrarse en multitud de fórmulas diferentes en la industria farmacéutica.

La elección del proceso de producción a partir de fenol se realiza en base a un análisis de las principales patentes existentes sobre la producción de paracetamol, así como la consulta de alternativas existentes actualmente en la industria farmacéutica, justificando la opción escogida finalmente.

Este documento recoge, por tanto, la información sobre el emplazamiento seleccionado, un estudio de materias primas y del producto, establece los balances de materia y energía en cada etapa de proceso, y se realizará el diseño mecánico de los principales equipos de producción, como los reactores de nitración y acetilación, y los cristalizadores de paracetamol.



## 4 NORMAS Y REFERENCIAS

En este apartado se hará referencia a las normas, legislación y códigos de diseño de los equipos principales del proceso de producción de paracetamol, estudiando además de los aspectos técnicos aquellos ambientales y de seguridad.

### 4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

#### 4.1.1 Normas de construcción

N.B.E.-N.T.E.: Normas Básicas de Edificación – Normas Tecnológicas de Edificación.  
Real Decreto 3565/1972 (B.O.E. de 15/01/1973) corregido por R.D. 1650/1977 (B.O.E. 9/07/1977)

- NTE-ADE: Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Explanaciones
- NTE-ADV: Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Vaciados.
- NTE-ADZ: Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Zanjas y pozos.
- NTE-ASD: Acondicionamiento del terreno. Saneamiento. Drenajes y avenimientos.
- NBE-MV-103: Acero laminado para estructuras de edificación.
- NTE-IEP: Instalaciones de electricidad. Puesta a tierra.
- NTE-IEE: Instalaciones de electricidad. Iluminación exterior.
- NTE-IEI: Instalaciones de electricidad. Iluminación interior.
- NTE-EAV: Estructuras de acero. Vigas.
- NTE-EME: Estructuras de Madera. Encofrados.
- NTE-IER: Instalaciones de electricidad. Red exterior.
- NTE-EAS: Estructuras de acero. Soportes.
- NTE-EH: Estructuras de hormigón.
- NTE-CSM: Cimentaciones. Contenciones. Muros.
- NBE-CPI/97: Condiciones de protección contra incendios.
- NBE-MV 102: Ejecución de las estructuras de acero laminado en edificación.
- NBE-MV 103: Acero laminado para estructuras de edificación.

#### **4.1.2 Normas de Seguridad y Salud**

- E.B.S.: Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- R.A.M.I.N.P.: Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y peligrosas.

#### **4.1.3 Normas de electricidad**

- R.E.B.T.: Reglamento Electrónico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC MIBT) aprobado por Real Decreto 842/2002, de 18 de septiembre.

### **4.2 Legislación**

#### **4.2.1 Relativo a construcción**

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación.
- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo del 31 de enero de 1940, derogado excepto en materia de andamios.
- RESOLUCIÓN de 8 de abril de 1999, de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, sobre delegación de facultades en materia de seguridad y salud en las obras de construcción

#### **4.2.2 Relativo a electricidad**

- Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación.

#### **4.2.3 Relativo a Seguridad e higiene**

##### **4.2.3.1 Generales**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (B.O.E. de 10 de noviembre.)

- Real Decreto Ley 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.
- Real Decreto 899/2015, de 9 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, que aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, que complementa el Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Modificado por:
  - Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997.
  - Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto,

por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de construcción y el Real Decreto 1627/1997.

#### 4.2.3.2 Seguridad y salud

- Real Decreto 1879/1996, de 2 de agosto, por el que se regula la composición de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el RD 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 577/1982, de 17 de marzo, por el que se regulan la estructura y competencias del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la seguridad y de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Directiva 2012/18/UE, de 4 de julio de 2012, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

#### 4.2.3.3 Higiene

- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba el Plan de Higiene y Seguridad del Trabajo. (B.O.E. nº 60 11/03/1971)
- Real Decreto 577/1982, de 17 de marzo, por el que se regulan la estructura y competencias del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (B.O.E. nº 69 22/03/1982)

### 4.2.4 Relativo al medio ambiente

#### 4.2.4.1 Impacto ambiental

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental (B.O.E. nº 296 11/12/2013)
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. (B.O.E. nº 73 25/03/2010)
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Directiva 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril, por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

- Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo del 18 de enero, relativo al establecimiento de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

#### 4.2.4.2 Emisiones atmosféricas

- Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. (B.O.E. nº296 21/11/1996)
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico. (B.O.E. nº96 22/04/1975)
- Real Decreto 547/1979, de 20 de febrero, sobre modificación del anexo IV del Decreto 833/1975, de 8 de febrero, por el que se desarrolla la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico. (B.O.E. nº 71 23/03/1979)
- Real Decreto-ley 5/2004, de 27 de agosto, por el que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. (B.O.E. nº 208 28/08/2004)
- Ley 34/2007, de 16 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. (B.O.E. nº275 16/11/2007)
- Real Decreto Legislativo 1/2016 de 16 de diciembre por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. (B.O.E. nº 157 02/08/2002)
- Directiva 2004/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad con respecto a los mecanismos de proyectos del Protocolo de Kioto.

#### 4.2.4.3 Gestión de residuos

- Ley 22/2011, de 2 de julio, de residuos y suelos contaminados. (B.O.E. nº 181 29/07/2011)
- Directiva 94/31/CE del Consejo, de 27 de junio de 1994, por la que se modifica la Directiva 91/689/CEE relativa a los residuos peligrosos.

- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (B.O.E. nº 182 30/07/1988)
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (B.O.E. nº 181 29/07/2011).

#### 4.2.4.4 Emisiones líquidas

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (B.O.E. nº 176 24/08/2001)
- Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (B.O.E. nº 312 30/12/1995)
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (B.O.E. nº 77 29/03/1996)
- Real Decreto 1260/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambientales.

#### 4.2.4.5 Contaminación acústica

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. (B.O.E. nº 276 18/11/2003)
- Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 286/2006, del 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

#### 4.3 Códigos de diseño

- U.N.E. (*Una Norma Española*)
- A.S.M.E. (*American Society of Mechanical Engineers*)
- DIN (*Deutsches Institut für Normung, Alemania*)

#### 4.4 Programas de cálculo

Los programas empleados para la realización de los cálculos en este proyecto son:

- Excel: hoja de cálculo utilizada para la elaboración de las operaciones matemáticas presentadas en el proyecto.
- Matlab®: este programa ha sido empleado para la realización del diseño de los reactores mediante el empleo de ecuaciones cinéticas, así como para el diseño de los cristalizadores de paracetamol.



## 5 ABREVIATURAS

---

**Fórmula química**

$C_6H_6O$	Fenol
$H_2SO_4$	Ácido Sulfúrico
$HNO_3$	Ácido Nítrico
$H_2O$	Agua
$N_2O_4$	Tetraóxido de nitrógeno
$HNO_2$	Ácido nitroso
$C_6H_5NO_3$	Nitrofenol
$C_2H_6O$	Etanol
$H_2$	Hidrógeno
$N_2$	Nitrógeno
$C_4H_6O_3$	Anhídrido acético
$C_6H_7NO$	Para-aminofenol
$C_2H_4O_2$	Ácido Acético
$HNaO_3S$	Bisulfito Sódico
$C_8H_9NO_2$	Paracetamol

---

## 6 LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

El término industria farmacéutica incluye a todas las sociedades que se dedican a la fabricación de medicamentos o productos químicos destinados al tratamiento o la prevención de enfermedades, al alivio del dolor o a simplemente conseguir una mejora de la salud en general, aplicado tanto a personas como a animales.

Este campo es tan amplio, que una compañía puede dedicarse a la fabricación de un único producto, un derivado de alguna otra rama de la empresa, o puede producir diferentes variedades de medicamentos como antibióticos, hormonas, vitaminas o tranquilizantes. (Rieche, 1967)

Hoy en día esta industria es un elemento fundamental en los sistemas de asistencia sanitaria de todo el mundo, y forman parte de esta numerosas organizaciones tanto públicas como privadas que emplean sus esfuerzos en el descubrimiento, el desarrollo y la fabricación y posterior comercialización de medicamentos, tanto para la salud humana como animal. Actualmente, un pilar esencial de esta industria es la investigación y desarrollo (I+D) de nuevos medicamentos para prevenir o tratar enfermedades concretas, empleando principios activos que abarcan una gran variedad de actividades farmacológicas y propiedades toxicológicas. Hay que destacar que los fármacos para la salud humana y para actividades veterinarias comparte las actividades de I+D y los procesos de fabricación son similares, sin embargo, cambian sus beneficios terapéuticos y se ajustan a otros mecanismos de distribución, comercialización y venta.

Los grandes avances tecnológicos y científicos mejoraron el desarrollo de esta industria, presentado cada vez medicamentos más innovadores con mejor actividad terapéutica y menores efectos secundarios. Esto en parte es gracias a la colaboración entre biólogos, químicos y farmacéuticos.

Por otra parte, esta industria se ve afectada por múltiples factores dinámicos científicos, económicos y sociales. Muchas compañías trabajan a nivel nacional como en los mercados multinacionales, por lo que mucha de la reglamentación, leyes y políticas a los que están sometidas estas empresas varían notablemente.

A su vez existen grandes diferencias entre las empresas multinacionales y las compañías farmacéuticas pequeñas. Las primeras, generalmente se dedican a un amplio espectro de actividades, desde el descubrimiento y desarrollo de fármacos, hasta la fabricación y comercialización, mientras que las pequeñas empresas se centran únicamente en un aspecto específico. A pesar de esta repartición de actividades, es común que las multinacionales se especialicen en alguno de los aspectos de la producción en base al mercado en el que trabajen, por lo que cobra a su vez gran importancia el papel de las universidades, tanto públicas como privadas, que desarrollan gran parte de la investigación y el descubrimiento de nuevos fármacos.

Es común ver acuerdos de colaboración entre organizaciones que se dedican a la investigación y grandes compañías farmacéuticas. (Tait, 1998)

## 6.1 Vista histórica

Muchas de las grandes empresas de hoy en día surgieron en la segunda mitad del siglo XIX. Hasta la I Guerra Mundial el desarrollo de esta industria consistió en la expansión de pequeños laboratorios a otros de mayor extensión y capacidad, donde se manejaban volúmenes mayores de producto. Los productos se centraban en los preparados orgánicos o terapéuticos procedentes de animales y vegetales. Se extraían de hierbas, hojas, cortezas o raíces; y de las glándulas de animales, normalmente trabajando a presión atmosférica y con aparatos simples de cobre, hierro o madera.

Una vez entrado el siglo XX, se dio un gran progreso en el desarrollo de las operaciones unitarias y de los equipos de trabajo. Se reconoce por primera vez la ingeniería química como una especialidad y todos los avances en este campo se aplican a la industria farmacéutica, desde el trabajo con altas temperaturas, con elementos traza, u otros factores críticos a la hora de desarrollar una reacción.

Una vez comenzada la I Guerra Mundial, las compañías estadounidenses, dependientes del suministro de Alemania, se vieron obligadas a establecer sus propios programas de producción. Sin embargo, no se prestaba especial atención a la investigación, y no se buscaban curas para enfermedades específicas. (Rieche, 1967)

El descubrimiento y los ensayos y pruebas sobre medicamentos eran procesos realizados al azar o de cualquier modo, destacando como principales excepciones a los pioneros de la ciencia de alta calidad como eran Pasteur y Ehrlich. Como ocurre en la historia del paracetamol, muchos de los compuestos descubiertos eran suministrados a los pacientes poco tiempo después del hallazgo del compuesto o de desarrollar la síntesis industrial del mismo. (Ellis, 2002)

Hasta el año 1943 no tiene lugar el gran descubrimiento en la medicina, la penicilina, de cierta manera de forma casual. De esta forma, la industria farmacéutica concibe que el desarrollo futuro se centra en la investigación de nuevos medicamentos, por lo que comienzan a reunir equipos de investigación con biólogos, botánicos, microbiólogos, químicos, ingenieros químicos, farmacéuticos, farmacólogos, clínicos y médicos, entre otros, para conseguir una integración científica tanto en conocimientos como en esfuerzo, con el objetivo único de conseguir productos para la cura de enfermedades específicas. (Rieche, 1967)

Por contra a lo realizado a principios del siglo pasado, lo que ocurre actualmente en la medicina moderna son procesos lentos y costosos que pueden extenderse durante 10 o 12 años. Se emplean métodos químicos en todas las fases del desarrollo de la síntesis del producto y para

determinar la pureza del medicamento, y se deben responder a cuatro preguntas fundamentales sobre el medicamento antes de suministrarlo a ningún paciente:

- ¿Realmente funciona?
- ¿Es seguro?
- ¿Cuál es la dosis?
- ¿Cuándo se puede tomar?

La primera de las preguntas se responde realizando experimentos a nivel laboratorio sobre sistemas celulares antes de ser probados sobre modelos animales, lo que representa la única forma de determinar si un medicamento es seguro para la salud humana realmente, y a continuación se realizan pruebas en pacientes voluntarios. En último lugar se realizan los ensayos clínicos para ver si la medicina es eficaz en un grupo de pacientes, y se compara con otros grupos de iguales características y con medicamentos similares. (Ellis, 2002)

## 6.2 Productos

La industria farmacéutica, bioquímica y la de productos químicos orgánicos sintéticos comparten multitud de procesos de síntesis y fabricación, sin embargo, la industria farmacéutica destaca por la mayor diversidad, por trabajar a menor escala y por la especificidad de sus aplicaciones.

Los agentes biológicos y químicos que se han descubierto, desarrollado y empleado en la industria farmacéutica son múltiples, y abarcan desde la tintura de iodo o el éter hasta medicamentos con diferente dosificación y administración. Los principios farmacológicamente activos se pueden clasificar en dos grupos: fármacos sintéticos y productos naturales. Los primarios derivan de fuentes vegetales y animales, por lo que se siguen buscando nuevas sustancias en la naturaleza, mientras que muchos de los productos naturales han sido reemplazados o suplidos por medicamentos sintéticos. Estos últimos son producidos empleando técnicas microbiológicas y químicas. (Tait, 1998)

Algunos productos con un mercado claramente establecido hoy en día provienen de la naturaleza, como la insulina (páncreas de buey) o la reserpina (extraída de *Rauwolfia serpentina*), o multitud de antibióticos, las hormonas esteroideas, las enzimas o las feromonas.

Por otro lado, actualmente la investigación científica se centra más en los fármacos sintéticos debido a los grandes avances en la biología molecular y la farmacología. Por ejemplo, son de origen sintético sustancias como los anestésicos líquidos (cloroformo y éter) que revolucionaron la cirugía. (Rieche, 1967)

En la Tabla 1 se recogen las principales categorías farmacológicas.

Tabla 1 Categorías farmacológicas

<b>Sistema nervioso central</b>	Analgésicos (Paracetamol), Anestésicos (Generales o locales), Anticonvulsionantes (Barbitúricos), Narcóticos (Opiáceos), Psicoterapéuticos (Antidepresivos) y Sedantes e hipnóticos (Benzodiazepinas)
<b>Sistema renal y cardiovascular</b>	Antidiabéticos (Insulinas, biguanidas, etc) y Agentes cardioprotectores (Diuréticos, vasodiladores, vasodilatadores, vasodiladores, etc)
<b>Sistema gastrointestinal</b>	Antiácidos, Antidiarreicos, Antieméticos, Laxantes.
<b>Antiinfecciosos y órganos diana</b>	Sistémicos (Tratamiento del SIDA, Antibióticos, Antifúngicos, etc), Fármacos que actúan en el aparato respiratorio (Antitusígenos), en la piel (Alérgenos) o en el tracto urinario o vaginal.
<b>Sistema inmunitario</b>	Analgésicos, Vacunas, Tratamientos antifibrosis o inmunoreguladores e inmunodepresores.
<b>Quimioterapia</b>	Antineoplásicos (Agentes alquilantes, antimetabolitos, hormonas)
<b>Sangre y órganos hematopoyéticos</b>	Anticoagulantes, Antiplaquetarios, Antianémicos, Hemostáticos y vasodilatadores.
<b>Sistema endocrino</b>	Productos para diagnóstico (esteroides, etc), Hormonas y Prostaglandinas.

Tabla realizada a partir de (Tait, 1998)

Por último, cabe destacar las múltiples formas en las que se encuentran disponibles los fármacos de manera comercial: (Kirk, y otros, 1998)

- **Tabletas:** Se consiguen mediante compresión de material granulado seco que contiene el fármaco. Existen numerosas formas y tamaños conseguidos por este método. Las tabletas se recubren con azúcar o algún material polimérico para cubrir y enmascarar el sabor y color del producto y añadir estabilidad.
- **Pastillas:** Poseen una forma redondeada y son sólidas. Han sido reemplazadas en gran parte por tabletas y cápsulas.
- **Pastillas efervescentes:** Son de uso oral y contienen el fármaco sólido en forma de disco. Liberan el producto de manera lenta cuando se introducen en agua o al contacto con la saliva.
- **Polvos:** es una de las formas de administración de medicamentos más antigua, y suelen estar formados por el fármaco en cuestión junto con diluyentes.
- **Cápsulas:** Son líquidos insolubles en agua, a veces dispensados en forma de gelatina insípida. Pueden contener los sólidos en su interior, con la ventaja frente a las tabletas de que no necesitan tanta cantidad de aditivos. Las propiedades de la cápsula se ajustan para controlar la liberación del medicamento.
- **Extracto:** son la formulación típica de fármacos de origen natural, aunque se encuentran en desuso actualmente. Se preparaban concentrando el producto de origen vegetal o animal tras extraerlo con ayuda de agua o alcohol.
- **Crema:** Son preparados líquidos densos que contienen sustancias insolubles en suspensión que actúan de forma externa.
- **Jarabe:** Consisten en soluciones acuosas concentradas con azúcares, que contienen sabores y colorantes a la vez que el medicamento en sí.
- **Parenterales:** Las preparaciones parenterales se suministran directamente en los fluidos del sistema corporal, el sistema linfático o el sistema circulatorio.
- **Espráis:** Son disoluciones de varios medicamentos en vehículos acuosos o aceitosos, aplicados en la membrana mucosa de la nariz y la garganta por medio de un nebulizador.
- **Aerosoles:** Son sistemas coloidales que consisten en partículas sólidas o líquidas dispersadas en un gas, que se aplican gracias a la compresión a la que está sometido el envase.

### 6.3 Génesis de un producto

El desarrollo de los productos en la industria farmacéutica surge de la unión de esfuerzos y la organización de equipos multidisciplinares. Se incluyen especialistas tanto en ciencias puras como aplicadas, desde físicos o matemáticos hasta químicos o farmacéuticos, y cada uno de ellos tiene una serie de funciones que se tratan de resumir brevemente a continuación:

- Investigación química: se centra en la búsqueda de la síntesis o aislamiento de entidades químicas provenientes de la naturaleza, que puedan presentar un interés terapéutico. Se necesita conocer tanto las propiedades físicas del nuevo compuesto, como sus propiedades químicas mediante análisis específicos para cada sustancia.
- Investigación microbiológica: se centra en cinco áreas principalmente:
  - Descubrimiento y evaluación de los antibióticos.
  - Producción y estudio de vacunas y agentes inmunizantes.
  - Producción microbiana de suplementos alimentarios.
  - Transformación de elementos orgánicos en farmacéuticos.
  - Búsqueda de agentes farmacológicamente activos en microorganismos.
- Investigación biológica: Especialista en zoología, bacteriología y otras ramas colaboran a la hora de probar y analizar nuevos medicamentos, empleando en muchos de los casos animales a nivel laboratorio.
- Investigación farmacéutica: Encargados de conseguir una formulación químicamente estable del medicamento en cuestión, obteniendo el efecto terapéutico deseado.
- Investigación en Ingeniería Química: El papel del ingeniero químico se centra en el desarrollo del proceso de producción de estas sustancias, en un campo en el que el desarrollo tecnológico y el científico es constante.
- Investigación clínica: Una vez se demuestra en la medida de lo posible la eficacia de un medicamento a nivel laboratorio, y que los niveles de toxicidad de las dosis terapéuticas son aceptables, el último paso es probarlo en humanos. Para ello se cuenta con la colaboración de empresas, hospitales y universidades. Es el último paso antes de la salida a mercado del producto. (Kirk, y otros, 1998)

Un procedimiento básico a la hora de desarrollar un nuevo medicamento se muestra a continuación:

- Se deben comenzar realizando estudios de mercado destinados a valorar la futura venta del producto y su distribución, así como conocer la competencia posible por parte de otras empresas.
- Se comienza la investigación a nivel laboratorio, con el objetivo de preparar un producto con las características deseadas y con un cierto valor terapéutico.
- Se supervisa por parte del Departamento médico, por facultativos y por hospitales, el estudio clínico de la eficiencia y la dosificación del medicamento.
- Se ponen en marcha plantas pilotos y se somete a la memoria completa al Organismo correspondiente para conseguir la salida a mercado del fármaco.
- Se comienza la producción a gran escala, con el objetivo de satisfacer un mercado concreto anteriormente previsto.
- Lanzamiento del fármaco a gran escala, notificándolo a médicos y farmacéuticos, así como al público general por medio de publicidad en caso de ser un medicamento de libre venta. (Rieche, 1967)

#### 6.4 Importancia de la Ingeniería Química en la Industria Farmacéutica

Existen muchos ejemplos de cómo la ingeniería química ha contribuido al desarrollo de esta industria, pero quizás el más llamativo por ser uno de los primeros y de los de mayor relevancia es el caso de la penicilina.

La penicilina fue descubierta por Alexander Fleming de manera casual, al crecer un hongo (*Penicillium Notatum*) en sus placas Petri, que producía una sustancia que limitaba el crecimiento bacteriano. Este descubrimiento data del año 1929, y en los años siguientes Fleming e investigadores de la Universidad de Oxford probaron a desarrollar un método de producción de penicilina debido a la urgente necesidad de combatir las infecciones en los humanos. Sin embargo, el proceso era lento y con un rendimiento bajo.

Es aquí donde cobra especial importancia el papel de los ingenieros químicos, destacando a Margaret Hutchinson Rousseau, doctora en Ingeniería Química del Massachusetts Institute of Technology, que consiguió desarrollar un fermentador eficaz para la producción a gran escala de *Penicillium Chrysogenum*, con el que se conseguía un mayor rendimiento en la obtención de penicilina. Por otro lado, destacó Walter Podbielniak, que llevó a cabo el diseño del proceso de



purificación de la penicilina sin que se diera la desactivación o degradación del producto. (García Quesada, 2010)

De esta manera se comenzó la revolución en la medicina del siglo XX, en parte gracias a la aportación de los Ingenieros Químicos.

## 7 HISTORIA, ORIGEN Y PROPIEDADES DEL PARACETAMOL

Acetaminofeno, (N-acetil-p-aminofenol), Paracetamol o 4-hidroxiacetanilida ( $C_8H_9NO_2$ ), el nombre sistemático que recibe según la IUPAC, es desde hace mucho tiempo uno de los medicamentos más empleados a nivel mundial. Es empleado en tratamientos de alivio del dolor, de jaquecas y en la reducción de la pirexia (o estado febril), pudiendo recetarse a pacientes de todas las edades, desde niños hasta personas de la tercera edad e incluso mujeres embarazadas, sin presentar riesgos para la madre o el hijo. Por tanto, las acciones principales del paracetamol son las de analgésico y de antipirético, puesto que actúa reduciendo el dolor, pero no tiene efectos sobre la inflamación, el enrojecimiento o la hinchazón de las heridas. Sus propiedades como analgésico se pueden comparar con las de la aspirina, pero sus propiedades antiinflamatorias son mucho más débiles. (Guma, 2012)

Se encuentra disponible en múltiples formas, existiendo cientos de productos que lo contienen en su formulación, siendo algunos de ellos muy comunes en el tratamiento de gripes y resfriados como el Panadol o el Tylenol. Puede ser empleado también para el tratamiento de dolores más severos, como aquellos derivados de operaciones quirúrgicas, e incluso es de aplicación a pacientes de cuidados paliativos o enfermos de cáncer en estado avanzado. (Chu Ho Yin, y otros)

El paracetamol se formula tanto en tabletas, como en jarabes e inyecciones, y se suele combinar con otro tipo de medicamentos como:

- Codeína: La codeína es un medicamento opioide, que se comercializa con el paracetamol bajo el nombre de Tylenol en los Estados Unidos y Canadá, o como Panadeine en el Reino Unido.
- Otros opioides como la dihidrocodeína, también conocida como oxicodona, comercializado bajo el nombre de Vicodin. (Chu Ho Yin, y otros)

Debido a que es un medicamento que se puede adquirir sin receta médica, se ha convertido en uno de los de uso más común en los últimos años. A pesar de que es un medicamento relativamente seguro, puede conllevar efectos tóxicos cuando se ingieren dosis mayores a los 10 o 15 gramos, aunque los efectos secundarios se presenten de manera rara y son normalmente y son de carácter moderado o suave. (Ellis, 2002)

## 7.1 Propiedades físicas

*Tabla 2 Propiedades físicas del Paracetamol*

<b>Fórmula Química</b>	$C_8H_9NO_2$
<b>Nombres Químicos</b>	Acetaminofeno, 4-Acetamidofenol, Paracetamol, APAP, N-(4-hidroxifenil)acetamida
<b>Apariencia</b>	Sólido blanco cristalino
<b>Peso molecular</b>	151,165 g/mol
<b>Punto de fusión</b>	169-171 °C
<b>Punto de ebullición</b>	Superior a los 500 °C
<b>pH</b>	5,3-6,5 a 25 °C
<b>Densidad</b>	1,293 g/cc
<b>Solubilidad</b>	Su solubilidad en agua es de 1,43 g / 100 cm <sup>3</sup> , siendo más soluble en agua caliente (5 g / 100 cm <sup>3</sup> ) y en etanol (14 g / 100 cm <sup>3</sup> )

Tabla de elaboración propia a partir de (Ellis, 2002) (Pubchem, 2018)

## 7.2 Descubrimiento

Las propiedades analgésicas del paracetamol fueron descubiertas por accidente debido a que una molécula similar, la acetanilida, fue añadida a la prescripción de un paciente hace más de cien años. En los años 1880, en la Universidad de Estrasburgo, el profesor Kussmaul, del Departamento de Medicina Interna, pidió a dos ayudantes que proporcionaran naftaleno a dos pacientes como terapia para el tratamiento de gusanos intestinales. El medicamento no surtió efecto para el propósito para el cual había sido aplicado, puesto que los gusanos no habían desaparecido, pero un paciente sufrió un descenso del cuadro febril que presentaba en aquel momento. Posteriormente, se descubrió que se le había administrado acetanilida en lugar del naftaleno, debido a un error del farmacéutico. (Ellis, 2002)

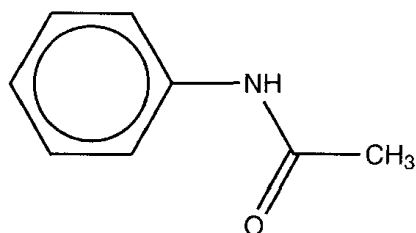


Figura 2 Acetanilida (Ellis, 2002)

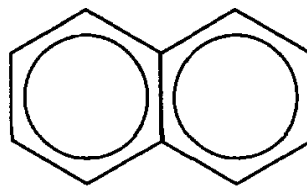


Figura 1 Naftaleno (Ellis, 2002)

Los ayudantes se apresuraron a publicar el descubrimiento del nuevo antipirético (medicamento que reduce la fiebre). La producción en grandes cantidades de acetanilida se consiguió poco tiempo después, y permaneció en uso durante años puesto que era un medicamento que resultaba fácil y barato de producir. Sin embargo, pronto aparecieron efectos secundarios relacionados con su consumo, debido a que provocaba la desactivación de algunas de las hemoglobinas en los glóbulos rojos. (Ellis, 2002)

La publicación sobre la acetanilida llevó a importantes empresas en el sector de la farmacéutica a emplear recursos a desarrollar nuevos medicamentos derivados de la acetanilida. De ahí surgieron la N-(4-metoxifenil)etanamida y la N-(4-etoxifenil)etanamida o fenacetina. Se encontró que ambos eran antipiréticos, y que la N-(4-etoxifenil)etanamida presentaba una menor toxicidad que la acetanilida. Es por ello por lo que se comenzó a comercializar rápidamente, bajo el nombre de fenacetina, que permanece en uso, aunque con estrictos controles, puesto que causa daños en los riñones cuando el tiempo de empleo es prolongado. (Ellis, 2002)

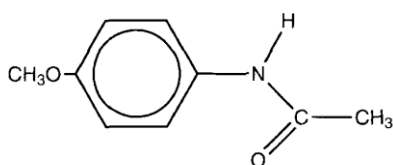


Figura 4 N-(4-metoxifenil)etanamida (Ellis, 2002)

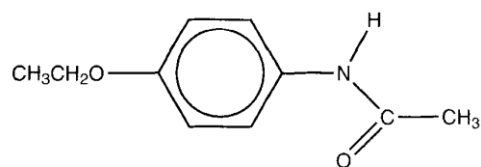
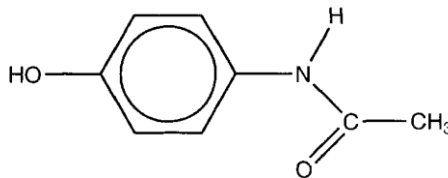


Figura 3 N-(4-etoxifenil)etanamida (Fenacetina) (Ellis, 2002)

Se sintetizaron múltiples medicamentos que trataban de mejorar las características de la Fenacetina, hasta dar con la formulación del paracetamol. Ya se había conseguido sintetizar paracetamol en el año 1877, gracias a Harmon Northrop Morse en la Universidad Johns Hopkins, por un procedimiento de reducción de p-nitrofenol con estaño en ácido acético glacial. Pero fue Joseph von Mering, en el año 1893, quién descubrió que era un poderoso antipirético y analgésico,

pero se pensó erróneamente que presentaba los mismos efectos secundarios sobre la hemoglobina que la acetanilida. De hecho, el propio von Mering realizó una publicación afirmando que el paracetamol presentaba tendencia a producir metahemoglobinemia. (Chu Ho Yin, y otros) (Ellis, 2002)



*Figura 5 Paracetamol (Ellis, 2002)*

En ese momento, el paracetamol fue eliminado del mercado y descartado como medicamento antipirético. No fue hasta el año 1947 cuando David Lester y Leon Greenberg encontraron evidencias sólidas de que el paracetamol era un metabolito principal de la acetanilida en la sangre humana, y tras hacer ensayos con ratas en los que se empleaban grandes cantidades de este compuesto se descartó que causara metahemoglobinemia. Se encontró a su vez que el el metabolito responsable de este fenómeno en la sangre era la fenilhidroxilamina, y que von Mering llegó a la conclusión de la peligrosidad del paracetamol porque probablemente estaba contaminado con 4-aminofenol. Por tanto, el paracetamol se “redescubrió” en la década de 1940. (Chu Ho Yin, y otros)

En el año 1953 el paracetamol ya se comercializaba por la compañía Sterling-Winthrop Company, y se fomentaba su uso como un sustituto de la aspirina que era más seguro para niños y personas con úlceras. Pronto las personas que consumían la fenacetina comenzaron a sustituirla también por el paracetamol. De hecho, el paracetamol es el principal metabolito (producto de la descomposición) de la fenacetina, y es el causante de su efecto antipirético y analgésico.

### 7.3 Farmacocinética

En este apartado se va a tratar el paso del fármaco a través del organismo de manera breve, desde la ingesta hasta su absorción y distribución por la sangre, terminando con el metabolismo en el hígado para su eliminación.

El paracetamol presenta una alta biodisponibilidad oral (88%) y se absorbe bien, llegando a la concentración más alta en la sangre en un tiempo medio de 90 minutos después de la ingestión (puede variar entre la media hora y las dos horas). Alcanza prácticamente la misma concentración en todos los líquidos del organismo, siendo los principales la sangre y la saliva.

El paracetamol se une a las proteínas plasmáticas en un 10 %, y el tiempo transcurrido hasta lograr el efecto máximo comprende entre 1 y 3 horas (que se corresponde con el tiempo que

asociado al plasma). La duración máxima de su efecto suele ser de 4 horas. En caso de una sobredosis, el tiempo que permanece en el plasma es mayor, de hasta 8 horas, por lo que comienza a afectar al hígado, responsable de su eliminación. (Mazaleuskaya, y otros, 2015)

El paracetamol se metaboliza entre un 90-95% en el hígado. Existen dos mecanismos principales de metabolización o detoxificación de fármacos: reacciones de conjugación y reacciones de oxidación. En el caso del paracetamol, es eliminado por conjugación en hasta un 80% de la dosis consumida. Este mecanismo hepático permite conseguir una detoxificación de medicamentos o sustancias extrañas, que son eliminadas del organismo mediante la orina. Este proceso tiene por inconveniente que es fácilmente saturable, por lo que ante una ingestión de una dosis elevada o cuando el paracetamol se consume junto con alcohol, el hígado se ve obligado a emplear vías metabólicas alternativas en mayor medida, como las reacciones de oxidación, que normalmente representan sólo un 5% de la eliminación de paracetamol.

La eliminación del paracetamol se realiza a través de la orina mayoritariamente, como un conjugado con el ácido glucurónico, y en menor medida con el ácido sulfúrico. Sólo un 5% se excreta de forma inalterada. La semivida del paracetamol, o tiempo que el organismo tarda en eliminar el 50% de la dosis ingerida, es entre 1,5 y 3 horas.

#### 7.4 Toxicidad (Farmacia Germana, 2017)

De forma tradicional, se considera que una dosis tóxica de paracetamol está comprendida entre los 7,5 y los 10 gramos en una única toma. Las dosis letales de paracetamol se establecen en ingestas mayores a los 10 o 15 gramos para una única toma. De hecho, actualmente se considera que la ingesta de 4 gramos diarios de paracetamol puede causar graves daños hepáticos, siendo recomendable la ingesta de 1 g de este medicamento por cada dosis.

En junio del año 2009, un comité de prevención de la *U.S. Food and Drug Administration* (FDA o Administración Americana de Comida y Medicamentos) recomendó nuevas restricciones sobre el uso del paracetamol para concienciar a los usuarios sobre los potenciales efectos tóxicos de este medicamento. En ella se refleja la dosis máxima de 1 g debe reducirse incluso hasta los 650 miligramos, y en caso de combinarse con otros analgésicos narcóticos su uso se debe evitar a toda costa.

El 13 de junio del año 2011, la FDA alertó a los productores de paracetamol en los Estados Unidos que en los productos que contengan una combinación de otros medicamentos junto con paracetamol, la cantidad de este último no debe superar los 325 miligramos por comprimido, además de obligarlos a incluir en la etiqueta de comercialización información sobre los peligros asociados a la ingesta abusiva del medicamento, especialmente el riesgo de un daño severo en el hígado. (Chu Ho Yin, y otros)

Los principales efectos secundarios del empleo de paracetamol se recogen en la Tabla 3

*Tabla 3 Efectos secundarios del Paracetamol*

<b>Efecto secundario</b>	<b>Común</b>	<b>Raro</b>
<b>Hepático</b>	Altos niveles de AST	Altos niveles de transaminasas hepáticas
<b>Gastrointestinal</b>	Náuseas, Vómitos, Dolor abdominal, diarrea	
<b>Hipersensibilidad</b>		Anafilaxis
<b>Hematológico</b>	Anemia, hemorragia postoperatoria	Trombocitopenia, leucopenia, neutropenia
<b>Dermatológico</b>	Erupciones y prurito	Necrosis y síndrome de Steven-Johnson
<b>Respiratorio</b>	Disnea, sonidos respiratorios anormales, edemas pulmonares, hipoxia, tos	
<b>Cardiovascular</b>	Edema periférico, hipertensión, hipotensión, taquicardia, dolor pectoral	
<b>Metabólico</b>	Hiper glucemia	
<b>Sistema nervioso</b>	Jaquecas y mareos	Distonía
<b>Psiquiátrico</b>	Insomnio y ansiedad	
<b>Ocular</b>	Edema periorbital	

Realizado a partir de (Drugs.com, 2018)

El porcentaje de paracetamol que se elimina en condiciones normales por mecanismos de oxidación es de un 5%. Esta vía de eliminación del paracetamol emplea el citocromo P-450 de los hepatocitos. Un sistema enzimático de oxidasas convierte el paracetamol en su metabolito NAPQI, una sustancia con una gran capacidad oxidante y altamente tóxica. En condiciones normales el NAPQI puede ser inactivado y detoxificado por el glutatión, presente de manera natural en las células de nuestro cuerpo. (Farmacia Germana, 2017)

En caso de sobredosis o consumo irresponsable, las cantidades generadas por el hígado de NAPQI son mucho más elevadas, y como consecuencia no pueden ser eliminadas convenientemente. Dado que el NAPQI es altamente tóxico, este reacciona con los aminoácidos de las proteínas y de las enzimas del hígado, provocando su desactivación y pérdida de funcionalidad. (Farmacia Germana, 2017)

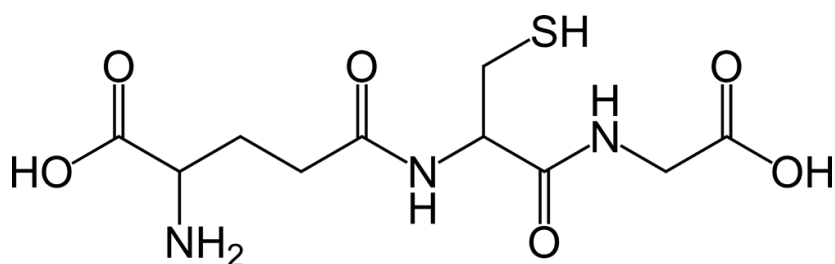
Si se llega a este punto, se pueden producir daños en la membrana celular, con la consiguiente muerte de los hepatocitos y la necrosis hepática como consecuencia. Después, o de manera paralela, se dan una serie de acontecimientos como insuficiencia renal aguda, hemorragias internas, hipoglucemia, fallo multiorgánico e incluso la muerte. Este proceso suele tener lugar a lo largo de 3 o 4 días después de producirse la intoxicación. Los síntomas iniciales de este tipo de intoxicaciones son dolor abdominal y náuseas o vómitos, ictericia y cierta insuficiencia renal y hepática.

En muchos casos, el paciente presenta síntomas de recuperación, pero a partir del tercer día de intoxicación es cuando se desencadenan los síntomas más graves de la intoxicación. Dependiendo de la edad del paciente, las intoxicaciones se presentan de diferente manera:

- Intoxicación en personas de la tercera edad: Son el grupo con más tendencia al consumo de este fármaco para el tratamiento de dolores crónicos. En caso de complementar el uso de paracetamol con otros medicamentos, el umbral de toxicidad se eleva, debido a que la eliminación en el hígado se realiza para múltiples medicamentos.
- Intoxicación en personas de mediana edad: Se suele dar ante la presencia de un dolor agudo, cuando la dosis o el número de tomas del fármaco a lo largo del día aumenta. En el caso del consumo de alcohol, que también emplea el glutatión para ser detoxificado, provoca una fácil intoxicación.
- Intoxicación en niños: Un 44% del total de intoxicaciones por paracetamol se dan en niños menores de seis años. Debido al menor peso corporal y a su metabolismo que puede no estar desarrollado completamente, la intoxicación puede verse agravada.



El tratamiento más común ante una intoxicación con paracetamol consiste en la eliminación del medicamento del cuerpo, y para ello interesa mantener los niveles de glutatión lo más altos posibles en el organismo, puesto que es la sustancia encargada de inactivar la toxicidad del NAPQI, formado por la vía oxidativa en caso de sobredosis de paracetamol. El principal inconveniente que presenta el glutatión es que se absorbe mal por el organismo y su eficacia es baja. Para suministrarlo al organismo se emplea N-acetilcisteína como fuente de glutatión para las células, siendo el principal antídoto ante sobredosis, aunque su eficacia está ligada al tiempo transcurrido tras la intoxicación, siendo el límite de 8 horas. (Farmacia Germana, 2017)



*Figura 6 Glutatión (babyfoodsteps.wordpress.com, 2012)*

Además, en caso de no poder retirar el paracetamol en un caso de sobredosis se emplea carbón activado, puesto que reduce la absorción de este. (Chu Ho Yin, y otros)

La intoxicación por paracetamol se evalúa en cuatro fases, desde el momento de la ingestión: (Farmacia Germana, 2017)

- Fase 1 (12-24 horas): náuseas y vómitos.
- Fase 2 (24-48 horas): mejoría clínica.
- Fase 3 (72-96 horas): pico de hepatotoxicidad.
- Fase 4 (7-8 días): recuperación.

En la figura 7 se recogen en forma de gráfica el número de muertes en el Reino Unido debidas a intoxicaciones por ingesta de paracetamol.

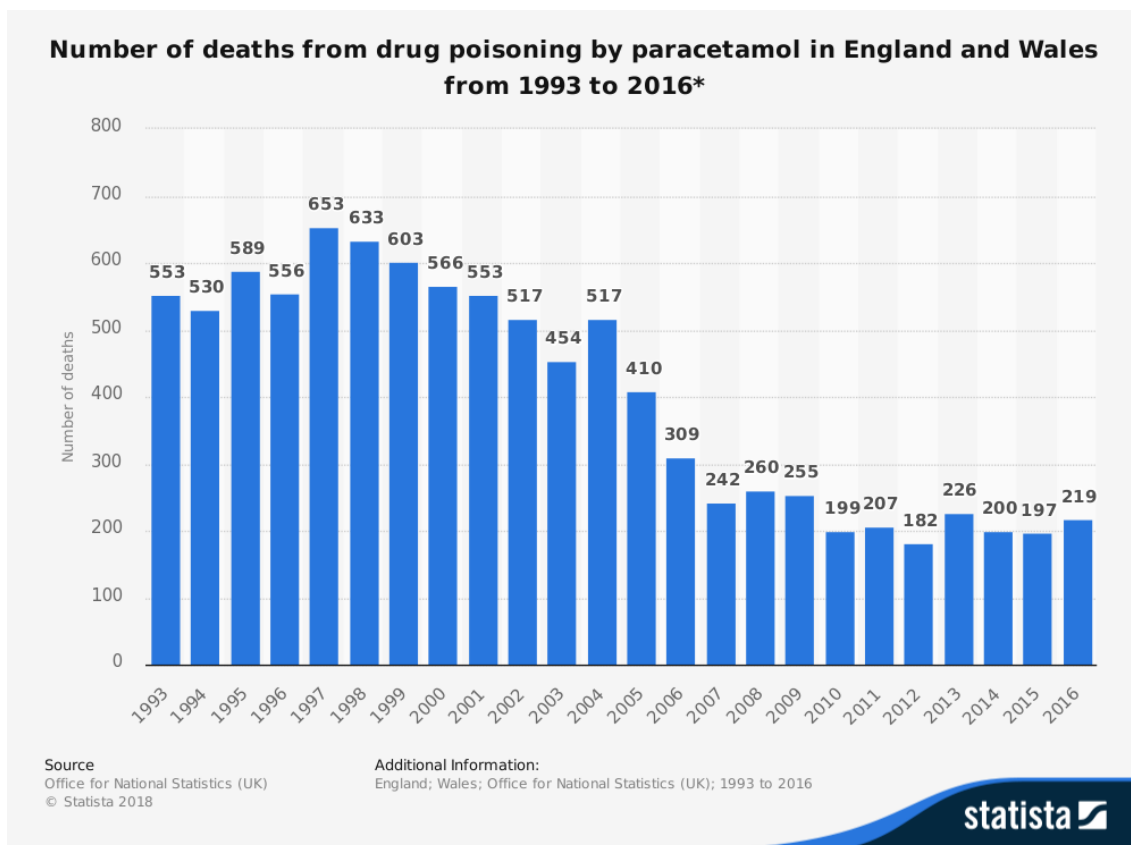


Figura 7 Muertes provocadas por intoxicación por paracetamol en Reino Unido

## 8 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El acetaminofén o paracetamol es un compuesto sintético no opioide derivado del para-aminofenol, y es una de las moléculas bioactivas básicas en la formulación de muchos preparados farmacéuticos para el tratamiento de resfriados y gripes. En combinación con otro tipo de analgésicos opioides, el paracetamol se puede emplear para el tratamiento de dolores más severos como las dolencias postoperatorias o en cuidados paliativos.

La fabricación más indicada del paracetamol consiste en dos etapas: la primera de las mismas consiste en una reacción catalizada por un ácido en la cual se obtiene el acetaminofén bruto; y la segunda de las etapas abarca los procesos de separación y purificación, donde destaca el proceso de cristalización como una de las técnicas más empleadas en la industria farmacéutica para la obtención de sólidos puros. (Srabovic, y otros, 2017)

El paracetamol ha sido fabricado tradicionalmente por dos rutas diferentes. La primera de ellas parte de nitrobenceno como materia prima, que en el proceso es reducido primero a fenilhidroxilamina, compuesto que posteriormente se transforma en 4-nitrosfenol por una reacción catalizada con ácido sulfúrico. La otra ruta tradicionalmente empleada parte de 1-cloro-4-nitrobenceno, que se hidroliza para dar lugar a 4-nitrofenol y que es, por último, hidrogenado para obtener el para-aminofenol.

Posteriormente ha sido desarrollado un método de producción de acetaminofeno por la compañía *Hoechst Celanese Corporation*, el cual parte de acetato de fenilo, que sufre una reacción de transposición de Fries en fluoruro de hidrógeno anhídrido para dar lugar a 4-hidroxiacetofenona (4-HAP). Por último, por medio de una reacción de transposición de Beckmann, el 4-HAP permite obtener directamente acetaminofén. (Kirk, y otros, 1998)

El diseño de la síntesis del paracetamol se enfoca principalmente en la selección de la ruta de fabricación más adecuada, prestando especial atención a la calidad del producto obtenido. Cobra gran importancia caracterizar la actividad farmacéutica del acetaminofén final, asegurando que la calidad química de las moléculas sintetizadas es fiable. (Srabovic, y otros, 2017)

A continuación, se realizará un análisis más pormenorizado de las diferentes alternativas de síntesis existentes, así como la selección del proceso para el desarrollo de la planta industrial de producción de paracetamol objeto de diseño de este proyecto.

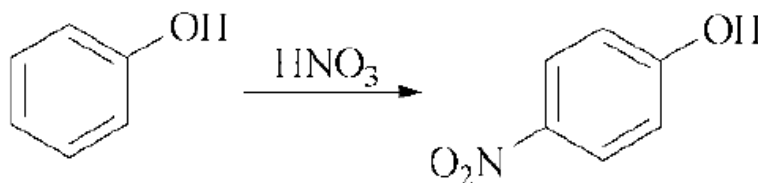
### 8.1 Ruta clásica

La ruta clásica de síntesis del paracetamol tiene su origen en la molécula del fenol y surge debido al alta disponibilidad de fenol como materia prima en el mercado, un requisito fundamental

para el desarrollo de la industria química. Es el método empleado mayoritariamente en el ámbito industrial en todos los procesos de producción de paracetamol.

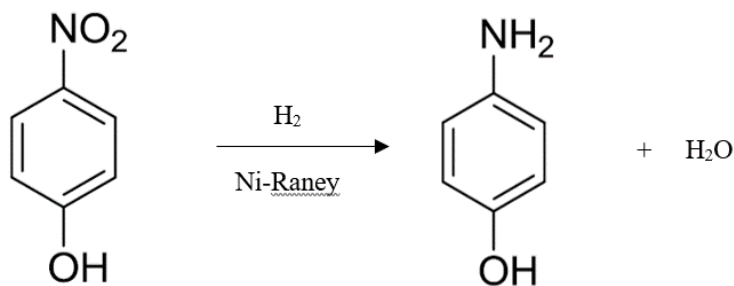
Las reacciones que se llevan a cabo para obtener el producto final son:

- Nitración de fenol con ácido nítrico.



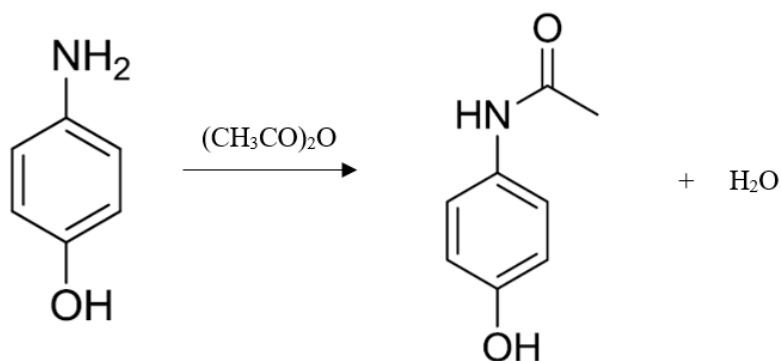
*Figura 8 Nitración de fenol*

- Hidrogenación catalizada por metal.



*Figura 9 Hidrogenación catalítica del p-nitrofenol*

- Acetilación con anhídrido acético.



*Figura 10 Acetilación de p-aminofenol*

Existen a su vez variaciones en el propio método de fabricación de paracetamol por la ruta clásica. Dichas variaciones se centran en:

- Pequeñas diferencias en el tipo de catalizador empleado, que puede ser de Pd o de Pt, además de Níquel Raney.
- El disolvente empleado
- Condiciones de presión y temperatura

Sin embargo, el tipo y el orden de las reacciones no varían.

## 8.2 Ruta de Hoechst-Celanese

Esta ruta tiene su origen en la molécula de fenol, al igual que la ruta clásica, pero el mecanismo de reacción es completamente diferente. El orden anterior formado por nitración, hidrogenación y acetilación es sustituido por otro tipo de reacciones distintas. Este nuevo planteamiento surge del estudio de la ruta anteriormente descubierta, en la cual se presentan problemas como la dificultad de acetilar una única vez el grupo amino o la oligomerización de la hidroxilamina aromática.

La reacción principal que caracteriza este proceso consiste en someter a la oxima de 4-hidroxiacetofenona a una reacción de transposición de Beckmann en la presencia de un catalizador de cloruro de tionilo, en un medio formado por alcanato de alquilo (o éster de ácido carboxílico), que actúa como disolvente. (Fritch, y otros, 1990)

En primer lugar, se obtiene la 4-hidroxiacetofenona mediante alguno de los métodos conocidos. Entre estos se incluyen la reacción de transposición de Fries del acetato de fenilo, o una acetilación Friedel-Crafts del fenol, en la que se acetila la molécula de fenol con anhídrido acético en presencia de ácido fluorhídrico, formándose así una molécula de 4-hidroxiacetofenona (o 1-feniletanona según la IUPAC). (Ullmann, 2002)

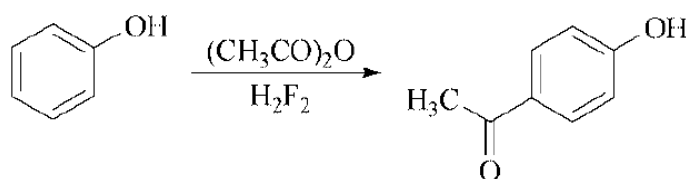


Figura 11 Obtención de 4-hidroxiacetofenona

A continuación, el paracetamol se obtiene por un proceso en dos etapas. La primera de estas implica la reacción de la 4-hidroxiacetofenona (4-HAP) con una sal de hidroxilamina, para la obtención de la cetoxima (oxima del 4-HAP). Esta cetoxima se somete a un proceso de transposición de Beckmann en la presencia de un catalizador para obtener el Paracetamol. La patente que desarrolla este proceso recomienda emplear como catalizador el cloruro de tionilo en un medio líquido de dióxido de azufre. (Davenport, y otros, 1985)

Aunque el dióxido de azufre tiene un comportamiento excepcional como disolvente para llevar a cabo la reacción de transposición de Beckmann de la cetoxima para dar lugar a Paracetamol, existen una serie de características que hacen que su empleo no sea recomendable, principalmente debido a su alta toxicidad. Esto hace que se deban tomar precauciones a la hora de trabajar con el dióxido de azufre, que conllevan la necesidad de instalar equipamiento especializado. Por ejemplo, en este caso no se podrían emplear la centrifugación para la separación del paracetamol, puesto que existe una buena contención del SO<sub>2</sub> en este tipo de equipos. Por tanto, se debería sustituir por otros mecanismos como la filtración, necesitando equipos más caros de fabricar, adquirir y operar. Además, el dióxido de azufre tiene propiedades corrosivas, lo que requiere utilizar materiales de fabricación especializados para el manejo de este tipo de sustancias, y puede llegar a generar contaminantes metálicos, lo que puede terminar afectando al rendimiento de las reacciones y a la formación de subproductos. Por último, para trabajar con el dióxido de azufre se necesitan condiciones de presión altas para garantizar que se encuentra en estado líquido, lo que supone una mayor inversión y costes de operación en equipos de presurización.

Otra desventaja que presenta este proceso desarrollado por Celanese, mostrado en la patente US 4524217 del año 1985, es la formación de la cetoxima en presencia de un medio acuoso. La oxima de 4-HAP debe ser recuperada mediante cristalización y secada previamente para poder llevarse a cabo la reacción de transposición de Beckmann con cloruro de tionilo en dióxido de azufre. Por tanto, se necesita un paso intermedio de cristalización, recolección, secado y almacenamiento, lo que supone un incremento en el coste en equipos y mano de obra.

Es por ello por lo que, en el año 1990, de nuevo Celanese Corporation presenta una nueva patente, US 4954652, que sustituye el dióxido de azufre por un disolvente líquido meno tóxico, volátil y corrosivo, y que mantiene unas buenas condiciones de reacción y proporciona un buen rendimiento. Este disolvente es el alcanato de alquilo, que es el empleado para realizar la reacción de transposición de Beckmann junto con el catalizador de cloruro de tionilo. Esta reacción se puede llevar a cabo a su vez en presencia de yoduro potásico, para minimizar la formación de subproductos. Una de las ventajas que presenta el empleo como disolvente del alcanato de alquilo es que permite la separación inmediata de la oxima de 4-HAP del producto acuoso formado en la primera reacción del 4-HAP con la hidroxilamina. Tras retirar el agua mediante destilación azeotrópica, por ejemplo, se lleva la oxima de 4-HAP al reactor para la obtención de paracetamol. (Fritch, y otros, 1990)

La primera reacción consiste en la formación de la oxima de la 4-hidroxiacetofenona, empleando una sal de hidroxilamina, como pueden ser el sulfato de hidroxilamina, el bisulfato de hidroxilamina o el clorhidrato de hidroxilamina, puesto que la hidroxilamina en estado puro es

sensible a la descomposición. Es por ello por lo que se trata esta sal con una base para conseguir la liberación de la hidroxilamina en estado puro.

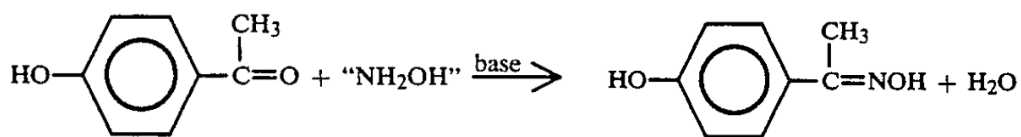


Figura 12 formación de la oxima de la 4-hidroxiacetofenona

Se debe tener cuidado en la reacción con la cantidad de base empleada, puesto que se debe aportar la necesaria para conseguir la liberación de la hidroxilamina y que la menor parte de esta quede en forma de la sal ácida, manteniendo de esta forma el pH de la mezcla en el rango de 3-7, evitando así reacciones indeseadas como la condensación de 4-hidroxiacetofenona y su oxima. Las condiciones de operación son entre 0° a 200°C y durante un período de tiempo que comprende desde los 5 minutos hasta las 4 horas. Es preferible que se lleve a cabo en un medio acuoso o en presencia de alcoholes como el metanol, el etanol o isopropanol.

Por último, se desarrolla la reacción de transposición de Beckmann para formar el paracetamol.

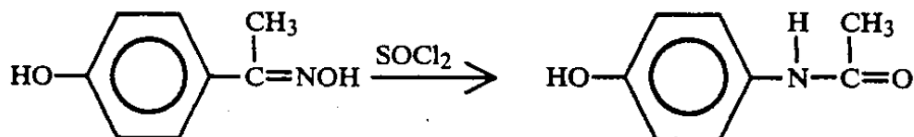


Figura 13 Formación de paracetamol mediante transposición de Beckmann

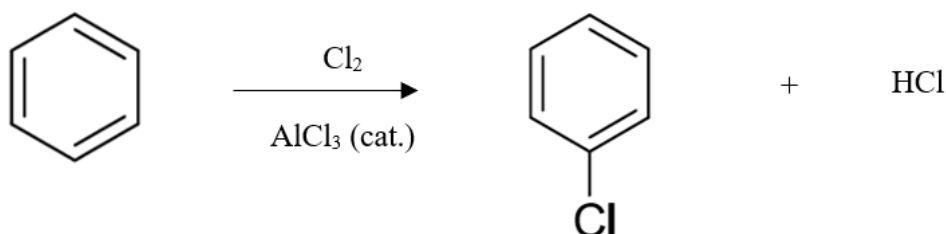
Esta reacción se lleva a cabo a una temperatura comprendida entre los 0 °C y los 100 °C en un período que varía entre los 5 minutos y las 4 horas. La presión no es un factor crítico en este caso. Si se añade un ioduro metálico básico, como puede ser el ioduro potásico, a la mezcla antes de realizar la reacción de transposición de Beckmann, se consigue minimizar la formación de subproductos que puedan contaminar el paracetamol obtenido. Además, al emplear alcanato de alquilo como disolvente en la reacción, se pueden emplear sistemas como la centrifugación en lugar del empleo de filtros. (Fritch, y otros, 1990)

### 8.3 Otras rutas de producción

El paracetamol se puede obtener a partir de la amidación de derivados del benceno, producto que procede mayoritariamente del petróleo. (Joncour, y otros, 2014)

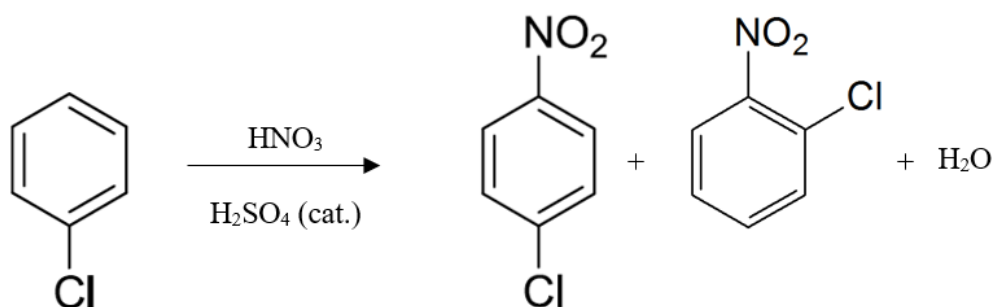
### 8.3.1 Producción a partir de clorobenceno (Hopp, y otros, 1994)

Para empezar, se lleva a cabo la cloración del benceno, para lo que se hace reaccionar el benceno con cloro diatómico ( $\text{Cl}_2$ ), empleando como catalizador tricloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) para obtener clorobenceno, liberando a su vez ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ).



*Figura 14 cloración de benceno*

A continuación, se lleva a cabo un proceso de nitración del clorobenceno empleando ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), en una reacción catalizada con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), de la cual se obtiene p-nitroclorobenceno y o-nitroclorobenceno.



*Figura 15 Nitración de clorobenceno*

Posteriormente, tras la separación de ambos isómeros por medios físicos, se lleva a cabo una hidrólisis del para-nitroclorobenceno empleando hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) y ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) para obtener p-nitrofenol, proceso en el que se obtienen como subproductos cloruro sódico ( $\text{NaCl}$ ) y agua.



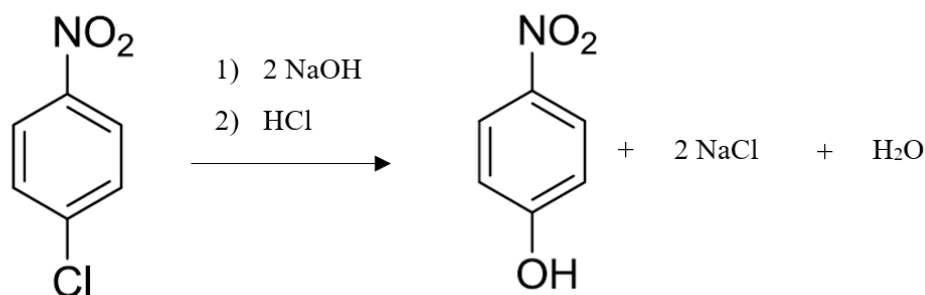


Figura 16 Hidrólisis del para-nitroclorobenceno

Las siguientes etapas para la obtención del paracetamol siguen las mismas pautas que las etapas 2 y 3 de la ruta clásica de producción de paracetamol, que consisten en la reducción de para-nitrofenol a para-aminofenol empleando hidrógeno y por último se obtiene paracetamol mediante la acetilación con anhídrido acético, tal y como se muestra en las figuras 9 y 10.

### 8.3.2 Producción a partir de nitrobenceno

Esta ruta de producción tiene como reacción principal la reducción de nitrobenceno. Se parte, como en el caso anterior, de benceno, el cual sufre un proceso de nitración. Para conseguirlo se pone en contacto benceno con una mezcla de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en un medio ácido formado por ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

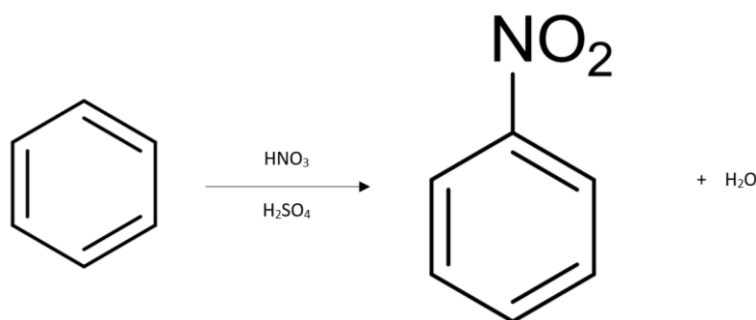


Figura 17 Nitración de benceno

A continuación, el nitrobenceno sufre un proceso de reducción, para dar lugar a para-aminofenol. Esta etapa consiste en una hidrogenación catalítica, un proceso ampliamente estudiado en la industria. El nitrobenceno se pone en contacto con hidrógeno diatómico ( $\text{H}_2$ ) en presencia de un catalizador de platino, formándose fenilhidroxilamina como intermedio de la reacción. Para finalizar se añade ácido sulfúrico e hidróxido de amonio para obtener el para-aminofenol. (Joncour, y otros, 2014)

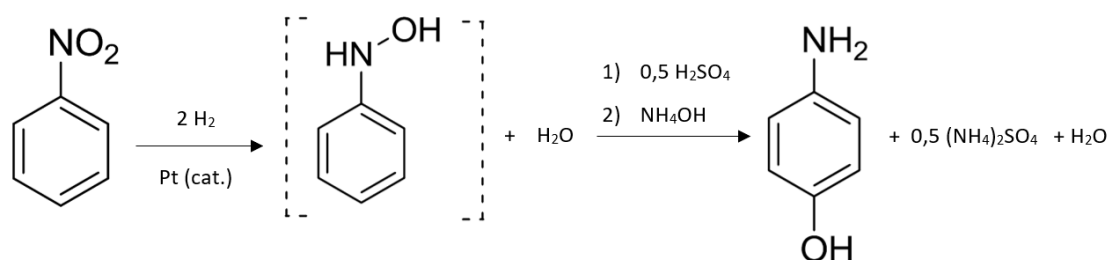


Figura 18 Reducción de nitrobenceno

Convencionalmente se han empleado catalizadores como platino, tungsteno o cobalto, puesto que son capaces de proporcionar un rendimiento aceptable cuando se trata de obtener cantidades a nivel industrial de para-aminofenol, aunque se envenenan fácilmente. A su vez presentan el inconveniente de que pueden hidrogenar el para-aminofenol a productos indeseados, como compuestos alicíclicos. Además, el nitrobenceno no puede reducirse completamente sin emplear un exceso de hidrógeno en la reacción, y se debe parar la reacción antes de consumir todo el nitrobenceno para evitar la reducción a compuestos alicíclicos. El nitrobenceno no consumido se debe recuperar en una destilación posteriormente. (Greco, 1976)

Finalmente, el para-aminofenol sigue la transformación de la ruta clásica para dar lugar a paracetamol, mostrada en la figura 10.

### 8.3.3 Acetamidación de hidroquinona

En esta reacción se parte de fenol, que se pone en contacto con peróxido de hidrógeno para dar lugar a hidroquinona, liberando a su vez agua como subproducto.

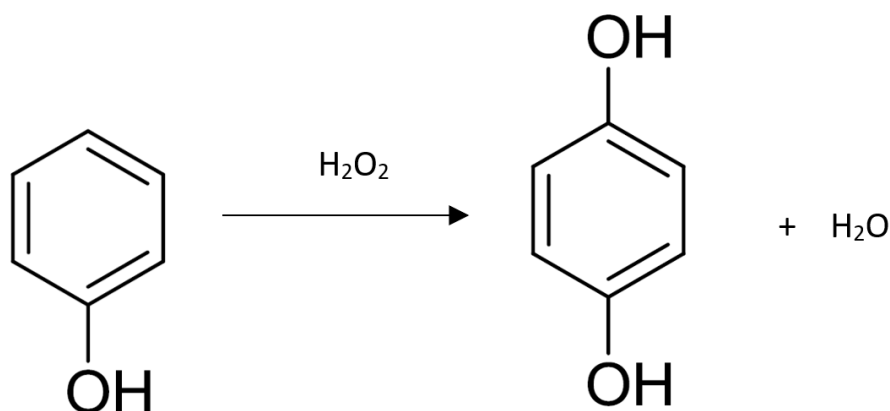


Figura 19 Obtención de hidroquinona a partir de fenol

El paso final para la obtención de paracetamol consiste en la acetamidación de la hidroquinona empleando acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ), una sal formada por la reacción de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) con ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

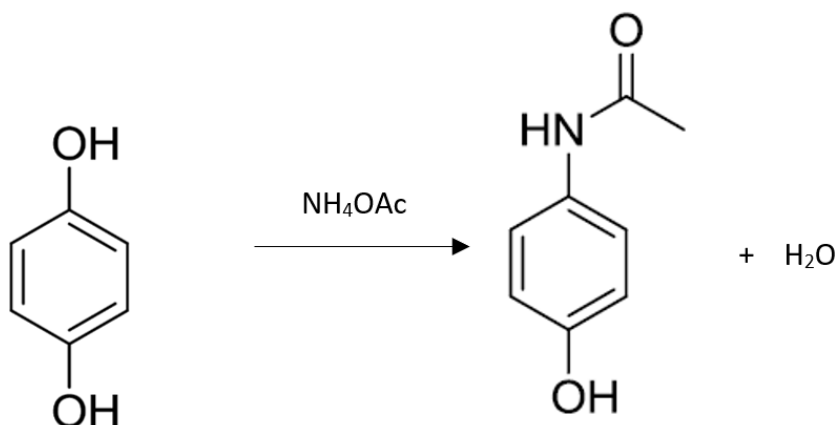


Figura 20 Acetamidación de la hidroquinona

## 8.4 Producción en laboratorio

Existen multitud de estudios para la producción de paracetamol a pequeña escala. Muchos de ellos se basan en los procesos mostrados anteriormente, sobre los que se tratan de implementar mejoras desarrollando nuevos catalizadores o equipos. Otros estudios se centran en buscar nuevas rutas de reacción que permitan obtener el paracetamol de otras fuentes distintas del benceno o el fenol.

### 8.4.1 Síntesis de paracetamol mediante la diazotización de acetanilida.

Según recientes estudios de la Universidad de Anbar, es posible obtener paracetamol a partir de acetanilida, una molécula de estructura similar, pero que sin embargo es tóxica.

Para empezar, se lleva a cabo una reacción de nitración de la acetanilida para formar para-nitroacetanilida, empleando para ello ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en un medio ácido formado por ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

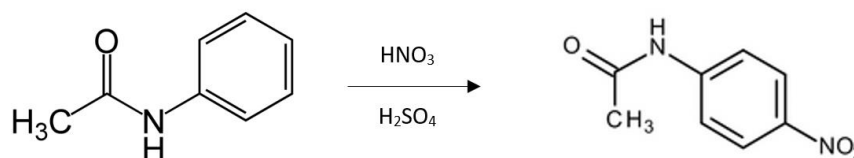


Figura 21 Nitración de acetanilida

El segundo paso del proceso consiste en someter la para-nitroacetanilida a un proceso de reducción con ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) catalizada con zinc, con el objetivo de obtener para-aminoacetanilida.

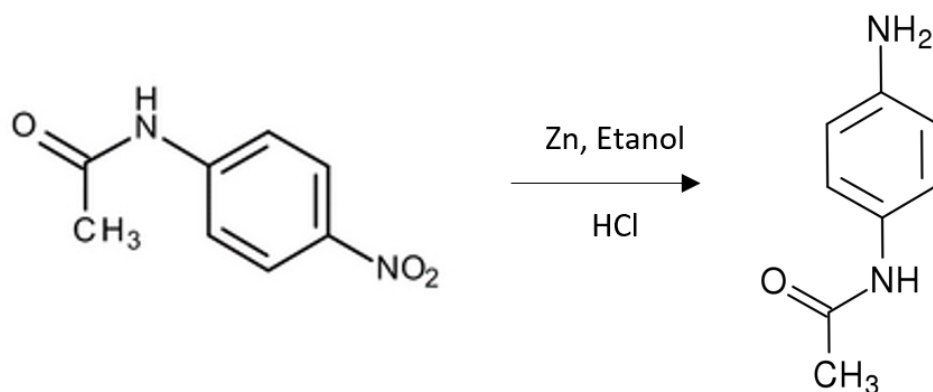


Figura 22 Reducción de para-nitroacetanilida

El tercer paso del proceso consiste en crear una sal de diazonio, empleando para ello nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ) y ácido clorhídrico concentrado ( $\text{HCl}$ ), en condiciones de temperatura cercanas a los  $0^\circ\text{C}$ .

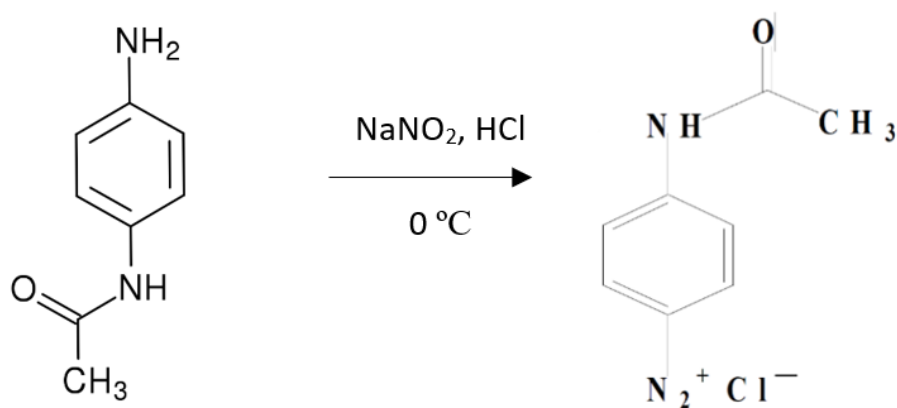


Figura 23 generación de sal de diazonio

Por último, la sal de diazonio generada se hace reaccionar con una disolución al 10% de hidróxido de sodio.

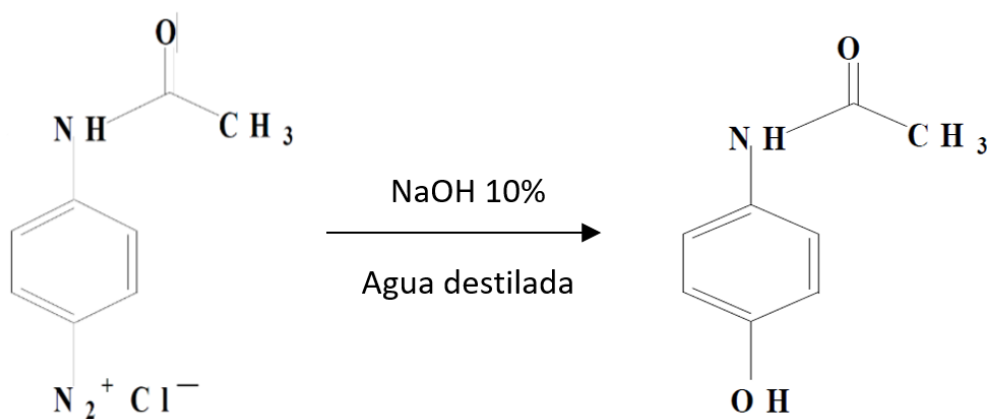


Figura 24 Formación de paracetamol a partir de la sal de diazonio

Este proceso se desarrolló a escala laboratorio, consiguiendo uno rendimiento máximo sobre el producto final del 70%. (Guma, 2012)

### 8.5 Elección del proceso

El proceso seleccionado para la producción de paracetamol es el que sigue la ruta clásica, puesto que es el método más empleado y estudiado, y por tanto del que más información bibliográfica y patentes se disponen, de entre los otros procesos estudiados.

A pesar de la alta disponibilidad de las materias primas, este método no se utilizó hasta hace relativamente poco tiempo debido a la dificultad que presentaba la separación de los isómeros tras la reacción de nitración y la consiguiente reducción. Normalmente para la síntesis industrial de paracetamol se partía directamente de 4-aminofenol.

En la actualidad, este procedimiento es el más empleado para la fabricación de metanol, disponiendo de múltiples fuentes bibliográficas, así como patentes, principalmente obtenidas de United States Patents. (Uspto, 2018)

## 9 ESTUDIOS PREVIOS

El proceso escogido, siguiendo la ruta clásica, va a constar de las siguientes etapas diferenciadas:

- Nitración de fenol.
- Purificación de para-nitrofenol.
- Hidrogenación del para-nitrofenol.
- Purificación de para-aminofenol.
- Acetilación del para-aminofenol.
- Purificación del producto final.

### 9.1 Nitración de fenol

La nitración es un proceso por el cual se efectúa la unión de un grupo nitro ( $\text{NO}_2$ ) a un átomo de carbono, normalmente con la sustitución de un átomo de hidrógeno.

El método comercial para la preparación de para-nitrofenol involucra dos etapas de nitración de fenol. Se emplea una mezcla de ácido sulfúrico y ácido nítrico, que en presencia de fenol provoca su nitración en las posiciones orto y para. El primer grupo nitro se coloca en la posición para, mientras que en reacciones posteriores se nitra en las dos posiciones orto.

En esta reacción cobra gran importancia la selectividad sobre el estereoisómero deseado, el para-nitrofenol. Es una reacción que presenta dificultades por la formación de subproductos, por lo que se deben tener en cuenta en gran medida las condiciones de operación.

Esta etapa consiste en dos reacciones consecutivas:

- Nitrosación de fenol
- Nitración de fenol

Como agente sulfonítrico se pueden emplear:

- Ácido nítrico.
- Nitratos alcalinos en presencia de ácido sulfúrico.
- Nitratos orgánicos.
- Anhídrido nítrico.

- Dióxido de nitrógeno.

A continuación, se resumirán las diferentes patentes existentes sobre la preparación de para-nitrofenol.

### 9.1.1 US 3510527

El método comercial de preparación de para-nitrofenol incluye las dos etapas de nitración del clorobenceno, que se llevan a cabo de manera separada e independiente. Sin embargo, también es posible conseguir para-nitrofenol a partir de la nitración directa de fenol, aunque el ratio de isómero para es mucho menor que en el caso anterior, lo que hace el proceso más costoso, y la separación del producto resulta más complicada.

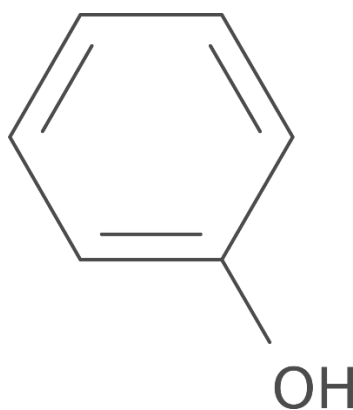


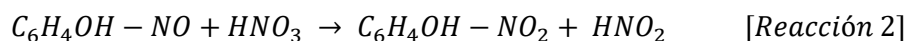
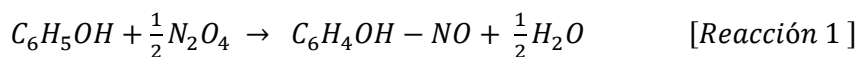
Figura 25 Fenol

Se observó que el p-nitrofenol se puede conseguir también a partir de la nitración de para-nitrosufenol. Pero el coste de separación del p-nitrosufenol por métodos comunes resulta muy caro.

Se llegó a la conclusión de que el p-nitrosufenol se podía preparar a partir de una nitrosación del fenol, bajo condiciones de nitración. Esta reacción se debe llevar a cabo con un control minucioso de la temperatura, de la proporción de agente nitrante, el pH y la concentración de ácido nitroso. Todo esto con el fin de evitar que se produzcan reacciones como: la oxidación del fenol, formación de diazóxidos por la reacción de p-nitrosufenol con ácido nitroso, reacciones de los productos con los óxidos de nitrógeno liberados y la formación de alquitranes.

A pesar de los problemas presentes al principio, esta patente desarrolla el método para poder llevarlo a cabo de manera comercial.

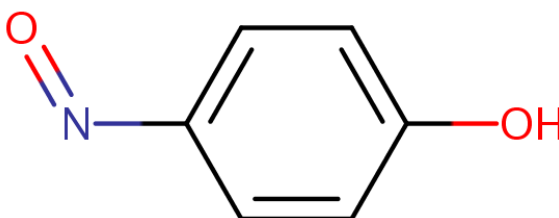
Este proceso se resume en dos reacciones:



Siendo la reacción global la Reacción 3.



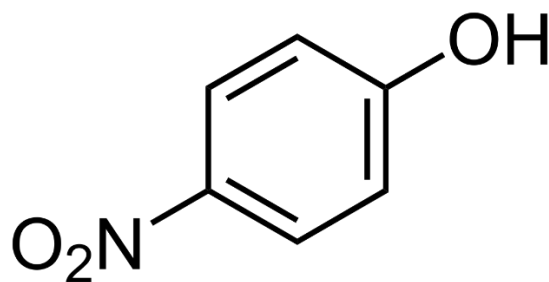
Se procede a la primera reacción, la nitrosación de fenol en un medio de ácido nítrico, y el para-nitrosofenol resultante se convierte en para-nitrofenol en el mismo medio ácido. Para ello se alimentan de manera continua y simultánea (con el fin de minimizar las reacciones secundarias) fenol y ácido nitroso en un radio molecular de entre 1:1 y 1:1,5, a un medio acuoso con una concentración en ácido nítrico en un intervalo entre un 5% y un 30% en peso y a una temperatura entre 0 y 10°C. Esto es debido a que la cinética mejora a temperaturas bajas, por lo que puede ser necesario emplear refrigeración con el fin de mantener la temperatura en el rango adecuado. Sin embargo, si el fenol no reacciona completamente en esta etapa, lo hará en la segunda reacción de nitración.



*Figura 26 Para-nitrosofenol*

Cuando el fenol reacciona completamente se forma un lodo de p-nitrosofenol, puesto que a medida que se forma inmediatamente cristaliza. El ácido nitroso restante es descompuesto a óxidos de nitrógeno mediante las reacciones 4 o 5, que son reversibles. Los óxidos son retirados reduciendo la presión para favorecer su salida del reactor, o empleando una purga de nitrógeno u otro gas inerte. Se aumenta la temperatura hasta 15-30°C, mientras continua la descomposición del ácido nitroso a óxido nítrico y su separación, hasta que la formación de óxidos termina y el lodo de para-nitrosofenol se convierte en un lodo de para-nitrofenol, que puede ser a continuación separado. El lodo anterior de para-nitrosofenol se convierte en una capa fina al llevarse a cabo esta segunda reacción, que puede ser retirado por centrifugación o filtración, lavado con agua y secado.





*Figura 27 Para-nitrofenol*

El ácido nitroso usado en la reacción de nitrosación del fenol es reproducido en la reacción de nitración del para-nitrosfenol, y se recupera para reutilizarlo en forma de óxidos de nitrógeno y reformado a ácido nitroso y nítrico. Se conoce que la reacción termina puesto que reduce notablemente la formación de ácido nitroso, y como consecuencia la liberación de óxido nítrico.

El medio de reacción es ácido nítrico en un rango de concentración del 5 al 30% en peso, aunque es deseable que se mantenga entre un 12 y un 18% en peso. Esto permite que el ácido nítrico se pueda reutilizar más fácilmente. La cantidad de ácido a emplear es de entre 10 y 100 veces el peso de fenol reaccionante. Esto consigue que el lodo de para-nitrosfenol formado tras la primera reacción tenga una concentración de un 1 al 10%. Se tratan de evitar concentraciones mayores puesto que la capa de lodo formado es más gruesa, y como consecuencia requiere de equipos especiales para el enfriamiento. A escala industrial se prefiere trabajar con concentraciones de entre el 2 y el 5%. Finalmente, el licor obtenido del reactor tras finalizar la reacción se recupera para ser reutilizado en nuevas reacciones de nitrosación. En ocasiones, es purificado total o parcialmente mediante calentamiento, con el fin de destruir cualquier materia orgánica, aunque se suele realizar una purga de parte de la recirculación.

En cuanto al ácido nitroso introducido junto con el fenol, se debe emplear como mínimo la cantidad necesaria para nitrosar todo el fenol a para-nitrosfenol. Se prefiere un exceso de ácido nitroso restante a que permanezca fenol sin reaccionar. Esta parte de ácido nitroso sobrante reacciona con el para-nitrosfenol formando diazóxidos. En términos económicos resulta rentable emplear sobre un 0,1 y un 0,25 de exceso de ácido nitroso, lo que equivale a entre 1,2 y 1,4 veces la cantidad molecular de fenol introducido.

El ácido nitroso se produce en el ácido nítrico que se emplea como medio de reacción, mediante la adición de óxidos de nitrógeno. Los principales óxidos de nitrógeno empleados son el óxido de nitrógeno, NO, el tetraóxido de dinitrógeno, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, y el trióxido de dinitrógeno, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Las reacciones que llevan a cabo con el medio acuoso de ácido nítrico se muestran en las reacciones 4, 5 y 6



La reacción del óxido nítrico con el ácido nítrico es reversible, y se suele emplear para recuperar el óxido nítrico del ácido nitroso que permanece en la mezcla tras la finalización de la nitrosación, y el producido en la siguiente reacción de nitración del para-nitrosfenol.

El óxido de nitrógeno es introducido en la mezcla acuosa de ácido nítrico como un gas a presión atmosférica o mayor, o en caso del trióxido de nitrógeno como un líquido en ocasiones. Los óxidos se introducen de manera que se mezclan rápidamente con el ácido nítrico en una cámara de mezcla o en el propio reactor, y se puede llevar a cabo antes de introducir el ácido nítrico al reactor, o junto con el fenol.

Resumiendo, se trata de un método altamente práctico y económico, y se recomienda que siga los siguientes pasos:

- Se introduce parte del ácido nítrico 5-30% en peso al reactor.
- Se introduce el fenol gradualmente junto con el ácido nitroso (en proporción 1:1 hasta 1:1,5). El ácido nítrico restante se introduce juntamente con los reactivos.
- Se mantiene la temperatura entre 0-10°C, y se genera una atmósfera de nitrógeno en el reactor.
- Cuando todo el fenol es añadido, se retira el exceso de ácido nitroso de la mezcla empleando vacío, lo que promueve su descomposición en óxidos de nitrógeno, que son retirados para su uso en otro proceso de nitrosación.
- La temperatura tras retirar el ácido nitroso puede aumentar hasta 15-30°C, para favorecer la velocidad de la reacción de nitración.
- El lodo de para-nitrosfenol se convierte en para-nitrofenol, reduciéndose su grosor, y facilitando la agitación. La reacción se completa cuando deja de formarse ácido nitroso.
- El lodo cristalino de para-nitrofenol se centrifuga, y se lava el producto en agua.
- El medio de ácido nítrico restante en el reactor se transfiere de nuevo al comienzo del proceso de nitrosación o es reservado. Se añade dióxido de nitrógeno o trióxido de nitrógeno a la mezcla para recuperar el ácido nítrico perdido.

El porcentaje de para-nitrofenol en la mezcla final es de un 88%, suponiendo que el 12% restante va a ser únicamente orto-nitrofenol

### **9.1.2 US 5414148**

Esta patente parte de las reacciones desarrolladas en el apartado anterior, aunque además tiene en cuenta que el para-nitrosfenol que precipita es altamente inestable y presenta riesgo de explosión térmica. Por tanto, se presenta como una mejora del proceso anterior, empleando para ello ácido sulfúrico en concentración de más del 60% en peso.

Si en la etapa de nitrosación se emplea un ácido sulfúrico de alta concentración, se elimina la posibilidad de precipitación del para-nitrosfenol dado que este se vuelve soluble en el medio. La presencia de agua en la mezcla no se presenta problemática mientras permita mantener la concentración de ácido sulfúrico deseada, y como agente para la nitrosación se puede emplear cualquier compuesto que aporte NO a la mezcla (como los mencionados en el apartado anterior: dióxido de nitrógeno, trióxido de nitrógeno o tetraóxido de nitrógeno), asociado con ácido nítrico. Si el agente es un gas, se procede a su introducción al reactor mediante burbujeo. También se puede emplear directamente ácido nitroso o una sal nitrogenada.

Se prefiere emplear un exceso del agente de nitrosación de un 300% la cantidad estequiométrica de fenol. El fenol, por su parte, representa desde un 2% hasta un 20% en peso del medio de reacción, y normalmente se introduce en estado líquido. En esta etapa se trabaja con una atmósfera inerte, normalmente de nitrógeno por el factor económico que presenta su empleo.

Una vez realizada la nitrosación y obtenido el para-nitrosfenol, se emplea como agente de oxidación el ácido nítrico (preferiblemente en disolución acuosa con concentración de más del 60% en peso). La cantidad añadida suele ser de 1 mol de ácido nítrico por mol de fenol en la reacción, y se debe prestar especial atención a este paso.

La temperatura de la reacción es de entre 10°C y 30°C, y normalmente se lleva a cabo a presión atmosférica, aunque puede realizarse a baja o alta presión también.

Como consecuencia de la alta concentración de ácido sulfúrico en el medio de reacción, el para-nitrofenol precipita, siendo separado empleando métodos convencionales ya citados, siendo recomendable la filtración. Posteriormente se lava con ácido sulfúrico o agua.

El líquido empleado como medio de reacción se puede reciclar, puesto que es rico en agente de nitrosación (ácido nitroso u óxidos de nitrógeno, que se generan en la oxidación).

Finalmente, hay que indicar que se trata de un proceso con una alta selectividad, puesto que el orto-nitrofenol producido es menos de un 5% del nitrofenol final, siendo asumible un rendimiento para el para-nitrofenol de cerca del 90%.

### **9.1.3 US 3668261**

En el caso de las patentes anteriores, que presentan el proceso de preparación de para-nitrofenol a partir la nitración de fenol, el único inconveniente que presentan es que no están formuladas para el uso a nivel industrial y comercial.

Este estudio demuestra que es posible conseguir rendimiento de cerca del 92% a la hora de obtener para-nitrofenol nitrando fenol con ácido nítrico en presencia de ácido sulfúrico y nitroso, es decir, la misma reacción que en casos anteriores, pero indica el procedimiento a seguir para conseguir un buen rendimiento comercial y para la producción en gran cantidad. Las condiciones de operación se muestran a continuación:

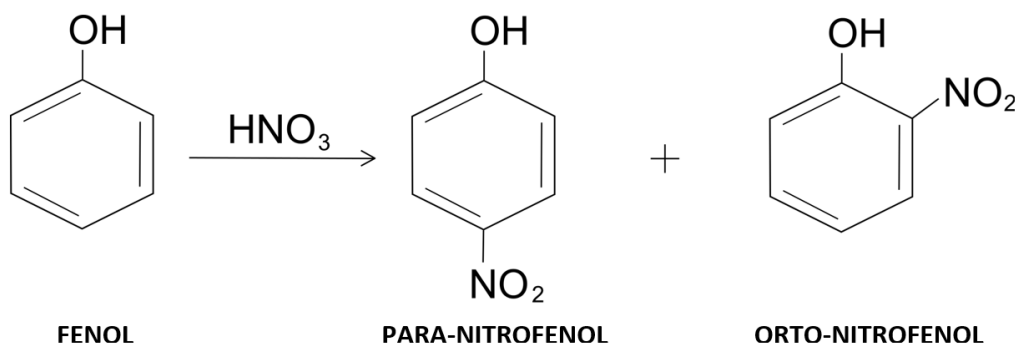
- Se emplea como medio una mezcla acuosa que contiene:
  - 3 mol/litro de ácido nítrico.
  - 0,9 mol/litro de ácido nitroso.
  - 2,3 mol/litro de ácido sulfúrico
- Se añade el fenol de forma que se evite la formación de una fase aceitosa, lo que favorece la formación del isómero orto. El ácido nítrico siempre debe exceder la cantidad de fenol, para evitar la formación de alquitranes.
- Se mantiene la mezcla de reacción a aproximadamente 25°C.

Cobra gran importancia la adición de fenol, que se realiza de manera continua, y varía en función de si se tiene el compuesto en estado líquido o sólido.

### **9.1.4 US 3954892**

Esta patente refleja el proceso de purificación del para-nitrofenol cuando es producido a partir de la nitración del fenol.

Cuando se lleva a cabo la reacción explicada en el apartado anterior, se produce esencialmente una mezcla de dos isómeros, como son el orto-nitrofenol y el para-nitrofenol, en diferentes proporciones dependiendo del método empleado.



*Figura 28 Isómeros producidos por la nitración de fenol*

El proceso desarrollado para la separación de los isómeros parte de la preparación de para-nitrofenol a partir de fenol, empleando para ello ácido nítrico. Una vez terminada la reacción, es necesario aislar la mezcla de nitrofenoles, mediante una decantación de la disolución acuosa de ácido nítrico. A continuación, se lleva a cabo una destilación con vapor del orto-nitrofenol para obtener un residuo de destilación formado por bisulfito sódico y para-nitrofenol, que es a continuación cristalizado por enfriamiento y separado.

El bisulfito o el compuesto encargado de formar bisulfitos en la mezcla se puede añadir directamente a la mezcla de nitrofenoles tras la separación del medio acuoso de ácido nítrico por decantación, o se puede añadir al residuo acuoso de la destilación que contiene el para-nitrofenol, tras separar el orto-nitrofenol. La adición se realiza a una temperatura suficientemente alta para asegurar que el para-nitrofenol se encuentra completamente disuelto en el medio, en una concentración habitualmente entre el 10% y el 50% (aunque es preferible un máximo de un 30%).

La concentración de bisulfito sódico en la mezcla final debe ser, al menos, de un 0,5% en peso (recomendable hasta 3%), y el pH de la mezcla debe encontrarse entre 5,4 y 6,4 (siendo el óptimo 6) para realizar la cristalización, ajustándolo con el empleo de ácido y bases. Habitualmente se neutraliza la mezcla de isómeros inicial con sulfito sódico (agente que ya genera el bisulfito en la mezcla final), y tras la destilación al residuo (que es básico) se añade un ácido fuerte como el ácido sulfúrico o el fosfórico.

Una vez realizada la misma, es suficiente con filtrar el para-nitrofenol y lavarlo con agua. Empleando este método los cristales obtenidos presentan una ligera coloración, que no aumenta en el tiempo, y no contienen impurezas de ningún tipo (como alquitranes, polinitrofenoles o quinonas, obtenidos en otros métodos de purificación). Por tanto, el para-nitrofenol es apto para el uso con fines farmacéuticos.

En el caso de realizar la nitración de fenol con ácido nítrico en concentración mayor a un 58%, se suele emplear un medio de reacción que contiene además algún hidrocarburo aromático

como benceno. Este disolvente es retirado por destilación antes de finalizar la destilación con vapor.

### 9.1.1 US 3933929

Como en el caso anterior, se estudia la separación del isómero para-nitrofenol cuando es preparado a partir de la nitración de fenol. El primer paso consiste en retirar de la mezcla el ácido nítrico empleado como medio de reacción, tras la neutralización de la capa formada por los nitrofenoles sólidos. El orto-nitrofenol se separa entonces por medio de una destilación con vapor. El para-nitrofenol se obtiene como un residuo de destilación líquido.

Para purificar los nitrofenoles se pueden o bien convertir a sus derivados con sodio, o cristalizar el para-nitrofenol enfriándolo en una disolución con bisulfito sódico con concentración de más de 0,5% y pH 6.

Hasta aquí el procedimiento es exactamente igual al explicado en la patente US 3954892. A continuación, añade el procedimiento de purificación de los cristales.

Primero, se llevan los cristales de para-nitrofenol a un agitador con agua, a una temperatura de entre los 55°C y los 85°C. la proporción de agua y fenol debe ser tal que, a la temperatura de trabajo, la cantidad de para-nitrofenol sea entre un 10% y un 40% mayor que la cantidad soluble teóricamente, mostradas en la Tabla 4. El tiempo de mezcla no es un factor crítico, simplemente basta con asegurar que con la agitación se consigue una mezcla completa y se alcanza la temperatura deseada.

*Tabla 4 Solubilidad del p-nitrofenol en agua en función de la temperatura*

Temperatura (°C)	Solubilidad del p-nitrofenol (en g) en 100 gramos de agua
55	5.1
65	7.0
75	10.0
85	16.0

A continuación, el líquido se separa por decantación, a una temperatura semejante a la de agitación. La fase inferior está formada por agua en p-nitrofenol (y que contiene la mayor parte de impurezas de la mezcla), mientras que la parte superior está formada por para-nitrofenol en agua. La parte que contiene las impurezas es reciclada de vuelta a la mezcla de residuos líquidos obtenidos de la destilación, conteniendo el para-nitrofenol, antes de su tratamiento con bisulfito sódico.

Se enfría la disolución de p-nitrofenol en agua a una temperatura de 40°C a 50°C, separando el líquido obtenido por decantación en dos fases inmiscibles, y separando la fase inferior consistente en una disolución de agua en p-nitrofenol, y otra fase superior de para-nitrofenol disuelto en agua. La fase superior es devuelta al agitador.

A continuación, se enfría de nuevo la fase rica en para-nitrofenol a menos de 30°C (normalmente 20°C) para provocar la cristalización del compuesto deseado, filtrándolo y secándolo.

El proceso se puede desarrollar de manera discontinua o en continuo, aunque resulta más rentable hacer las operaciones en continuo, reciclando las disoluciones como se indicó previamente. Los cristales obtenidos no contienen ninguna impureza de fenol, orto-nitrofenol, hidroquinona o dinitrofenoles, y mantienen una ligera coloración, aunque son especialmente recomendables para su uso en la industria farmacéutica.

## 9.2 Reacción de hidrogenación y acetilación

Éstas reacciones se pueden llevar a cabo por separado o de manera simultánea, por lo que se van a mostrar las diferentes patentes y artículos exponiendo cada reacción, escogiendo finalmente la empleada en el desarrollo del proyecto.

### 9.2.1 Síntesis de p-Aminofenol por hidrogenación catalítica de p-Nitrofenol

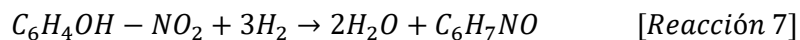
Este estudio muestra las condiciones de operación y cinética de la transformación de p-nitrofenol en p-aminofenol, empleando un reactor con catalizador sólido en suspensión. El catalizador en cuestión es de Platino sobre carbono, debido a su alta capacidad catalítica frente a otros tipos estudiados.

El p-aminofenol es un importante compuesto intermedio en la síntesis de numerosos analgésicos y antipiréticos, por ello la relevancia de optimizar las condiciones de operación de esta reacción. Es un agente reductor fuerte, con utilidades además como revelador fotográfico o inhibidor de la corrosión en pinturas.

Convencionalmente, el p-aminofenol se sintetizaba a partir de nitrobenzeno, y se necesitaba emplear hierro en grandes cantidades, lo que conlleva la formación de gran cantidad de lodos de hierro y óxidos de hierro, que no puede ser reutilizado y su tratamiento conlleva multitud de problemas.

Posteriormente ha sido fabricado a gran escala a partir de la hidrogenación de nitrobenzeno en presencia de ácidos fuertes como el sulfúrico, y con catalizador metálico. El empleo de ácido evita la formación de lodos de metal, pero presenta grandes desventajas como la formación de anilina como subproducto en altas proporciones.

Es por ello por lo que la hidrogenación catalítica de p-nitrofenol se presenta como una alternativa cuyo desarrollo puede permitir mejorar la producción de p-aminofenol. La síntesis en cuestión se muestra en la reacción 7.



En este estudio se realizó un análisis de diferentes catalizadores heterogéneos de metales de transición, para escoger el más adecuado para el proceso de hidrogenación. El parámetro de interés es la velocidad inicial de hidrogenación ( $R_A$ ) y la actividad catalítica media ( $N$ ). La velocidad inicial de hidrogenación se obtiene a partir del consumo de hidrógeno frente al tiempo, en condiciones de baja conversión. Por otra parte, la actividad catalítica media representa la cantidad de p-nitrofenol consumido por unidad de masa de catalizador por hora, en el tiempo total requerido para obtener una conversión superior al 99%. Los resultados de la elección de catalizador se muestran en la Tabla 5.

*Tabla 5 Velocidad inicial de hidrogenación y actividad catalítica media para diferentes catalizadores*

<b>Catalizador</b>	<b><math>R_A \cdot 10^3</math> (kmol/m<sup>3</sup>·s)</b>	<b>N (kmol/kg·h)</b>
1% Pd/C	0,501	0,595
1% Ni/C	0,199	0,446
1% Rh/C	0,166	0,380
1% Ru/C	0,016	0,034
1% Pt/C	1,096	1,960
1% Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,333	0,812
1% Pt/SiO <sub>3</sub>	0,109	0,185
1% Pt/HY	0,082	0,131
0,5% Pt/C	0,524	1,347
2% Pt/C	2,034	2,412
3% Pt/C	2,895	3,017

Los resultados obtenidos permiten conocer el orden de preferencia de los diferentes catalizadores, siendo este orden: Pt>Pd>Ni>Rh>Ru. La mayor capacidad catalítica y velocidad de hidrogenación fue obtenida para el catalizador Pt/C, por lo que será el catalizador escogido para llevar a cabo la reacción. Si se aumenta el contenido en platino de este, tanto la tasa de hidrogenación como la capacidad catalítica se ven mejoradas.



Otro estudio planteado es en torno al disolvente óptimo en el que llevar a cabo la reacción. Se estudiaron una serie de compuestos, observando parámetros como su efecto tanto en la velocidad inicial de hidrogenación y la actividad catalítica, siendo los resultados mostrados en la Tabla 6.

*Tabla 6 Efecto del disolvente en la velocidad de hidrogenación y actividad catalítica media*

<b>Disolvente</b>	<b>Constante dieléctrica</b>	<b><math>R_A \cdot 10^3</math> (kmol/m<sup>3</sup>·s)</b>	<b>N (kmol/kg·h)</b>
Agua	78,5	1,325	3,066
Metanol	32,6	1,170	2,160
Etanol	24,3	1,096	1,960
n-propanol	20,1	0,776	1,790
n-butanol	17,8	0,406	0,342

Se puede observar en la Tabla 6 que tanto la velocidad inicial de hidrogenación como la actividad catalítica media se ven beneficiadas cuanto más polar sea el disolvente, siendo los mejores resultados obtenidos con el agua, aunque se también se suele emplear etanol debido a la mayor solubilidad del p-aminofenol y p-nitrofenol en este último.

#### 9.2.1.1 Cinética de reacción

Se realizaron experimentos empleando como catalizador 1% Pt/C, siendo los reactivos consumidos y los productos generados de acuerdo con la estequiometría de la reacción. El perfil concentración-tiempo a 353K se muestra en la figura 29.

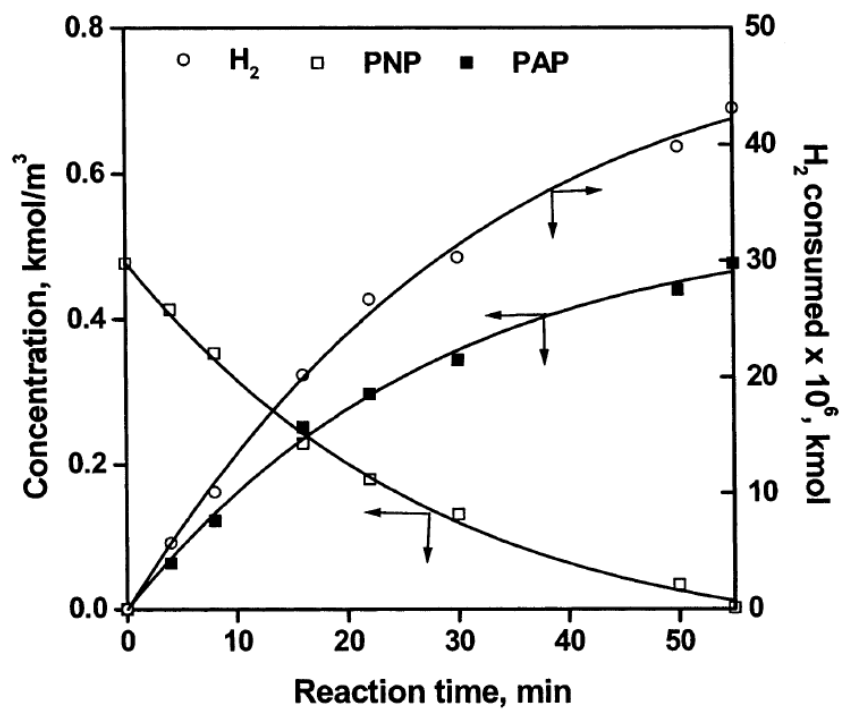


Figura 29 Perfil concentración-tiempo a 353K

No se observa la generación de subproductos en la reacción, y en ausencia de catalizador no tiene lugar la hidrogenación.

Los resultados obtenidos tras los experimentos realizados fueron ajustados a diferentes modelos. Los modelos I y II son completamente empíricos, mientras que el III asume que entre el hidrógeno (A) y el p-nitrofenol (B) se da una adsorción competitiva en el catalizador. Las ecuaciones de velocidad y los parámetros del modelo se recogen en la Tabla 7.

Tabla 7 Ecuaciones cinéticas y parámetros de la reacción de hidrogenación de p-nitrofenol

Modelo	Ecuación de velocidad				
I	$R_A = wk_1AB/(1 + K_A A)(1 + K_B B)$				
II	$R_A = wk_1AB/(1 + K_A A + K_B B)$				
III	$R_A = wk_1AB/(1 + K_A A + K_B B)^2$				
Modelo	Temperatura (K)	k <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /kg)(m <sup>3</sup> /kmol·s)	K <sub>A</sub> (m <sup>3</sup> /kmol)	K <sub>B</sub> (m <sup>3</sup> /kmol)(m <sup>3</sup> /kmol)	Ψ <sub>min</sub> ·10 <sup>9</sup>
I	308	2,026·10 <sup>-2</sup>	5,741	4,262	2,367
	323	3,086·10 <sup>-2</sup>	6,232	4,394	6,970
	338	4,501·10 <sup>-2</sup>	4,487	6,166	1,250
	353	17,090·10 <sup>-2</sup>	7,249	7,476	51,17
II	308	3,060	2,606·10 <sup>3</sup>	9,837·10 <sup>2</sup>	2,385
	323	4,842	2,843·10 <sup>3</sup>	1,077·10 <sup>3</sup>	7,374
	338	14,774	5,453·10 <sup>3</sup>	2,824·10 <sup>3</sup>	1,763
	353	64,484	1,029·10 <sup>4</sup>	4,321·10 <sup>3</sup>	100,8
III	308	1,927·10 <sup>-2</sup>	3,890	1,489	1,625
	323	3,048·10 <sup>-2</sup>	4,166	1,623	4,339
	338	3,771·10 <sup>-2</sup>	3,396	1,704	2,106
	353	15,880·10 <sup>-2</sup>	5,529	2,300	2,824

Donde: A=concentración de hidrógeno en la fase líquida, kmol/m<sup>3</sup>; B= concentración de p-nitrofenol en la fase líquida, kmol/m<sup>3</sup>

### **9.2.2 US 5648535**

En esta patente se explica el procedimiento para preparar acetil aminofenoles, mediante la hidrogenación de nitrofenoles para dar lugar a aminofenoles, y a continuación la acetilación de estos últimos.

Para realizar la hidrogenación, convencionalmente se emplean catalizadores como el platino, paladio, níquel y metales nobles, o sus óxidos. Se suele emplear como agente reductor el hidrógeno. Para la acetilación se suele emplear acético anhídrido, en un medio de reacción formado habitualmente por ácido acético, agua, u otro medio inerte.

La ventaja de realizar las dos reacciones en una única etapa y en continuo permite facilitar la operación en planta, obtener un producto de mayor pureza y menor concentración de productos intermedios en el proceso. La liberación de calor es constante y controlada fácilmente.

El proceso comienza con la reducción del para-nitrofenol con hidrógeno gas en presencia de un catalizador para la hidrogenación y de acético anhídrido para producir el N-acetil-para-aminofenol (paracetamol). La primera reacción de reducción del nitrofenol se puede llevar a cabo a temperatura ambiente (aunque se prefieren temperaturas entre 50°C y 175°C) y a presiones relativamente bajas (preferiblemente mayores de 5 atmósferas). Se emplea un reactor continuo de tanque agitado, en el que el hidrógeno gas es introducido mediante burbujeo desde la parte inferior y producto es continuamente retirado. Se obtiene un rendimiento en paracetamol de cerca del 98%, con una alta calidad, pureza, color y apariencia.

El catalizador necesario suele ser de entre un 0,05% y un 30% el peso de nitrofenol inicial. Se suele emplear paladio, paladio adsorbido sobre carbón, platino o gel de sílice; en forma de pellets, gránulos o polvo. La cantidad de catalizador en el reactor es importante que se mantenga estable y a la salida del reactor el catalizador es recuperado, por ello presenta ventajas el empleo, por ejemplo, del paladio adsorbido sobre carbón, que es reutilizable.

La reacción puede llevarse a cabo en un disolvente inerte, como hidrocarburos o ácidos orgánicos. El tiempo de residencia en el reactor puede variar dependiendo de la temperatura, la cantidad de catalizador empleado y la cantidad de hidrógeno y acético anhídrido, aunque normalmente es de menos de 1 hora.

### **9.2.3 US 4164481**

En el proceso de hidrogenación es necesario emplear un catalizador, siendo recomendable el empleo de paladio sobre carbón. Esto es debido a que se pueden recuperar la actividad de este tras un tratamiento, cuyo proceso se muestra en esta patente.

La invención es principalmente dirigida al paladio sobre carbón, cuando es desactivado por la reducción de nitrofenoles, especialmente orto y para nitrofenol. El catalizador puede ser regenerado poniéndolo en contacto con un activador que aumentan el poder de hidrogenación de este, como óxidos o hidróxidos de hierro, níquel, cobalto o magnesio, y debe ser transportado por un portador con el tamaño de partícula adecuado (como el carbono)

El catalizador se puede regenerar múltiples veces empleando este método, aunque el grado de regeneración se disminuye de cada vez. Para ser rentable la regeneración, la actividad del catalizador debe ser menor del 50%.

Se necesita que las partículas de catalizador sean separadas antes de la regeneración, empleando técnicas como la filtración o la decantación, o en caso de ser un reactor de lecho fijo retirando la disolución de la reacción e introduciendo la disolución necesaria para la regeneración en el reactor. El recipiente empleado en la regeneración debe garantizar una buena distribución del catalizador, y el contacto entre la disolución y los gases empleados.

El catalizador desactivado se pone en contacto con un disolvente orgánico polar, en cantidades suficientes para entrar en contacto con toda la superficie del catalizador. La temperatura y el tiempo de contacto no son factores críticos, pero para que el proceso sea rentable económicamente suelen rondar entre los 50°C y los 150°C, en un período de tiempo de entre medio hora y una hora (para el caso del catalizador de paladio sobre carbón). La presión para emplear tampoco se presenta como un factor crítico en el proceso, rondando los 25 a 50 psig en una atmósfera inerte.

Los disolventes orgánicos polares más ampliamente empleados en la regeneración de catalizadores metálicos son el metanol, el etanol, el n-propanol, n-butanol, isobutanol, etanol, ácido propiónico, y similares. Si es posible, se suele emplear el mismo disolvente que en la reacción catalizada, en este caso la hidrogenación, teniendo en cuenta que resulta ventajoso que el disolvente sea inerte a los reactivos y productos de la reacción (normalmente se prefiere el ácido acético). Este disolvente se puede destilar para eliminar las impurezas, y ser reutilizado.

Una vez terminado el contacto de las partículas de catalizador con el disolvente orgánico, se filtra o centrifuga para separarlo y se suele poner en contacto de nuevo con agua destilada en condiciones similares a la regeneración para retirar todas las impurezas restantes.

Por último, se pone en contacto mediante inmersión el catalizador con un hidróxido metálico de carácter básico, como el hidróxido sódico o potásico, con concentración de al menos 0,1 normal hasta 1 normal, a una temperatura de cerca de 100°C y en atmósfera inerte, como nitrógeno, para evitar reacciones indeseadas con las impurezas presentes en la mezcla, a presión ligeramente superior a la atmosférica para facilitar el contacto del hidróxido con toda la superficie

del catalizador. Para un catalizador de paladio sobre carbono se necesitan tiempos de contacto de entre media y una hora.

Tras poner el catalizador en contacto con el hidróxido metálico, se separan las partículas sólidas empleando técnicas conocidas como filtración o decantación, y se lavan de nuevo con agua para eliminar impurezas superficiales, hasta que el pH del agua de lavado se encuentre en un rango de pH de entre 7 y 9.

Por último, se ponen en contacto las partículas de catalizador con un flujo continuo de un gas que contenga oxígeno (como el aire atmosférico). El contacto ocurre a una temperatura de 100°C, con una velocidad alta de flujo de gas para reducir el tiempo de reacción, que ronda entre las 16 y las 24 horas.

Al finalizar el contacto con el gas, se suele volver a introducir en el disolvente orgánico polar empleado anteriormente, con las mismas condiciones de operación.

#### **9.2.4 US 3113150**

Esta patente trata sobre la preparación de n-acetil-para-aminofenol o paracetamol puro. Uno de los mayores problemas presentes en la manufactura de este compuesto es conseguir una alta pureza y especificaciones que hagan posible su uso con fines médicos y farmacéuticos.

El método más empleado para obtener paracetamol consiste en una reacción de condensación que implica calentar para-aminofenol y ácido acético en la presencia de un disolvente como puede ser benceno, tolueno o semejantes. A continuación, el producto es deshidratado empleando técnicas de evaporación. Aunque en muchas ocasiones este procedimiento no permite obtener la calidad de grado farmacéutico requerida al producto final.

Esta patente desarrolla un método más sencillo, que no emplea catalizador y que permite la obtención de un producto puro a una mayor velocidad. Se parte de una mezcla de p-aminofenol con agua en unas proporciones de 1 parte de agua por cada 2 de p-aminofenol y con anhídrido acético añadido posteriormente a la mezcla. Se agita la disolución obtenida a una temperatura cercana a los 85°C preferiblemente. La reacción se lleva a cabo de manera rápida, comenzando prácticamente de manera instantánea tras la mezcla de para-aminofenol con agua y anhídrido acético (en condiciones estequiométricas o algo mayores), y termina en un período cercano a los 20 minutos.

Una vez terminada la reacción se trata la disolución final con una disolución de hidróxido amónico, que le confiera un pH de entre 6,5 y 9 a la mezcla. A continuación, puede separarse el producto empleando técnicas de cristalización mediante enfriamiento (normalmente menos de 30°C). El N-acetil-para-nitrofenol se separa mediante filtración una vez precipitado y se disuelve

en una disolución de hidróxido amónico para obtener el pH final deseado comercialmente (entre 5,5 y 6,5), y se vuelve a cristalizar tras el tratamiento.

Se obtiene, como ya se indicó, un producto prácticamente puro y de color blanco. En caso de no tener la coloración necesaria para su uso en grado farmacéutico, se emplea un tratamiento con un adsorbente sólido, como negro de carbono, durante el tratamiento con hidróxido de amonio o posteriormente tratando el producto cristalizado disolviéndolo en agua. Se lleva a una temperatura de 100°C, con más de un 3% en peso en la mezcla de adsorbente, durante un tiempo de 5 minutos, para posteriormente filtrar el adsorbente y recrystalizar el N-acetil-p-aminofenol.

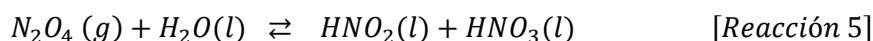
## 10 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 10.1 Reacción 1: nitración de fenol

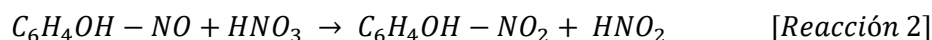
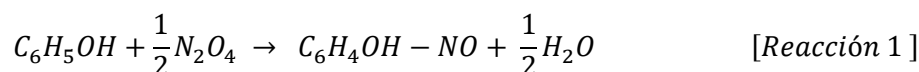
El primer paso del proceso consiste en la transformación de fenol en p-nitrofenol, cuya reacción global se muestra en la Reacción 3.



Para la obtención del tetraóxido de dinitrógeno se emplea ácido nitroso en presencia de ácido nítrico en el medio acuoso de reacción, como se muestra en la reacción 5, que es reversible.



Aunque este proceso se puede desglosar en dos reacciones que se llevan a cabo de manera consecutiva. La primera consiste en la reacción de fenol con tetraóxido de dinitrógeno para dar lugar a p-nitrosfenol y agua, mientras que a continuación el p-nitrosfenol formado reacciona con el ácido nítrico para dar lugar al p-nitrofenol y ácido nitroso, que se recupera para reutilizarlo en forma de óxidos de nitrógeno.



Se conoce que la reacción termina puesto que reduce notablemente la formación de ácido nitroso, y como consecuencia la liberación de óxido nítrico, como se muestra en la patente US 3510527.

Por otra parte, de la patente US 5414148 se extrae que, empleando una alta concentración de ácido sulfúrico durante la reacción de nitrosación, se evita el riesgo de explosión del para-nitrosfenol que precipita, puesto que es un compuesto altamente inestable y presenta riesgo de explosión térmica. Esto es debido a que el para-nitrosfenol se vuelve soluble en el medio.

Como agente para la nitrosación se puede emplear de igual manera el ácido nitroso asociado con ácido nítrico. En esta etapa se trabaja con una atmósfera inerte, normalmente de nitrógeno por el factor económico que presenta su empleo. Una vez realizada la nitrosación y obtenido el para-nitrosfenol, se emplea como agente de oxidación el ácido nítrico (preferiblemente en disolución acuosa con concentración de más del 60% en peso). La cantidad añadida suele ser de 1 mol de ácido nítrico por mol de fenol en la reacción, y se debe prestar especial atención a este paso. Como consecuencia de la alta concentración de ácido sulfúrico en el medio de reacción, el para-nitrofenol precipita, siendo separado empleando métodos convencionales ya citados, siendo recomendable la filtración.



El reactor empleado es un reactor semicontinuo de tanque agitado en régimen isotérmico, puesto que se necesita una temperatura constante durante la reacción y sólo el fenol se alimenta de manera continua. El resto de los reactivos se añaden al reactor durante las diferentes etapas de nitrosación y oxidación. La temperatura óptima es entre los 10°C y los 30°C por lo que se trabajará a la temperatura media, es decir, 20°C, y a una presión de 5 bar, para evitar la presencia de ácido nitroso en la salida y favorecer su completa transformación en tetraóxido de nitrógeno.

El tiempo de adición del fenol es de 60 minutos, y se obtiene una mezcla isómeros de nitrofenol, el orto-nitrofenol y para-nitrofenol, siendo este último el producto de interés en el proceso de síntesis de paracetamol. Aun así, se trata de un proceso con una alta selectividad, puesto que el rendimiento en orto-nitrofenol es de un 12%, mientras que el rendimiento en p-nitrofenol es un 77%. El rendimiento global en nitrofenol es de un 89%. Estos datos son obtenidos a partir de la patente US3668261, donde la reacción con alto contenido en ácido sulfúrico presenta el mejor rendimiento de todas las reacciones estudiadas.

Una vez terminada la reacción, se realiza la salida de óxidos de nitrógeno, asumiendo que la cantidad de ácido nitroso en la mezcla en este punto es despreciable. Se genera un vacío para favorecer la retirada de los gases, por lo que se supone un tiempo necesario de 15 minutos para este proceso.

La cristalización de p-nitrofenol se realiza en el propio reactor, favorecida por la alta concentración en ácido sulfúrico. Este proceso se supone terminado una vez que la remoción de gases ha terminado. El siguiente paso consiste en la separación de los cristales mediante filtración por gravedad.

El medio de reacción extraído formado por agua, ácido sulfúrico y ácido nítrico se lleva a una torre de destilación de platos para la recuperación de estos compuestos y su posterior empleo de nuevo en el proceso de nitración.

Los cristales, por otra parte, son enviados a una torre de destilación de vapor, donde se realiza la separación del isómero orto por cabezas, permaneciendo el para-nitrofenol en la corriente de colas, que es enviado a un tanque intermedio previa purificación de este.

La purificación del para-nitrofenol se extrae de las patentes US 3933929 y US 3954892. Este es obtenido de la destilación con arrastre de vapor como residuo líquido por colas.

Se emplea bisulfito o un compuesto encargado de formar bisulfitos en la mezcla, que se puede añadir directamente a la mezcla de nitrofenoles tras la separación del medio acuoso de reacción, o se puede añadir al residuo acuoso de la destilación que contiene el para-nitrofenol. La concentración de bisulfito sódico en la mezcla final debe ser, al menos, de un 0,5% en peso

(recomendable hasta 3%), y el pH de la mezcla debe encontrarse entre 5,4 y 6,4 (siendo el óptimo 6) para realizar la cristalización, ajustándolo con el empleo de ácido y bases.

Se cristaliza el para-nitrofenol por enfriamiento y posteriormente se llevan los cristales de para-nitrofenol a un agitador con agua, a una temperatura de cerca de 70°C, asegurando que la mezcla es completa y se alcanza la temperatura deseada.

Este líquido se separa por decantación, a una temperatura similar a la de agitación. La fase inferior es rica en agua y contiene las impurezas, mientras que la superior es rica en para-nitrofenol.

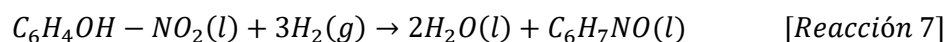
La fase con mayor contenido en agua puede ser reciclada y enviada a la salida por colas de la columna de destilación con arrastre de vapor. La fase rica en p-nitrofenol se enfría a cerca de 45°C, y se vuelve a separar en dos fases inmiscibles, siendo en este caso la fase inferior la rica en para-nitrofenol. La superior, principalmente agua, puede ser recuperada para disolver los cristales de p-nitrofenol en la etapa anterior,.

Por último, se enfría el para-nitrofenol a menos de 30°C para provocar la cristalización del compuesto, y se lleva a una centrifugadora para retirar el exceso de líquido.

Estas operaciones de purificación se llevan a cabo de forma continua, puesto que resulta económicamente más interesante, y reciclando las fases ricas en agua.

## 10.2 Reacción 2: hidrogenación catalítica de p-nitrofenol.

Los reactivos principales para llevar a cabo esta reacción son el p-nitrofenol, procedente de la reacción anterior, e hidrógeno. La reacción se lleva a cabo de manera isoterma a una temperatura de 80°C, y se muestra en la reacción 7.



Estas condiciones de operación se consiguen empleando un serpentín interno, puesto que el proceso es exotérmico, especialmente en el comienzo de la hidrogenación. El medio en el que se desarrolla la reacción es etanol, un disolvente orgánico, y la reacción es catalizada por partículas de platino sobre carbón activado. El tiempo de reacción se estima en cerca de 1200 minutos.

La operación del reactor se inicia con la inertización con nitrógeno gas y la posterior introducción del disolvente, el catalizador y el p-nitrofenol, y se lleva la mezcla a la temperatura deseada mediante una agitación suave (26 rpm). Una vez equilibrada la temperatura de la mezcla en 80°C se comienza a burbujear el hidrógeno desde la parte inferior del reactor y se aumenta la velocidad de agitación. El hidrógeno se mantiene a presión en un depósito a presión, y se alimenta

a través de una válvula de regulación. La presión juega un papel importante en el desarrollo de la reacción, puesto que para obtener un rendimiento óptimo de la hidrogenación se necesitan presiones parciales del hidrógeno de al menos 4 MPa.

A la salida del reactor, por una parte, los gases se retiran por la zona superior, y se separa el catalizador sólido de la mezcla líquida empleando un filtro, con el objetivo de enviarlo a la sección de regeneración.

La mezcla líquida restante necesita ser separada, por lo que se retira el etanol y parte del agua mediante evaporación, y el p-aminofenol purificado se envía a la última etapa.

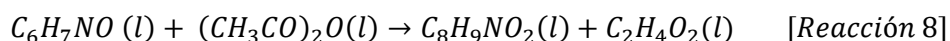
En el proceso de hidrogenación se emplea un catalizador, siendo recomendable el empleo de platino sobre carbono puesto que se pueden recuperar la actividad de este tras un tratamiento poniéndolo en contacto con un activador que aumentan el poder de hidrogenación de este, que es un disolvente orgánico polar (etanol), en cantidades suficientes para entrar en contacto con toda la superficie del catalizador.

La temperatura y el tiempo de contacto no son factores críticos, pero para que el proceso sea rentable económicamente suelen rondar entre los 50°C y los 150°C, en un período de tiempo de entre medio hora y una hora. La presión para emplear tampoco se presenta como un factor crítico en el proceso, rondando los 25 a 50 psig en una atmósfera inerte.

En caso de no realizar este proceso en la propia planta, se echará mano de un gestor especializado en la recuperación de catalizadores desactivados o envenenados.

### 10.3 Reacción de acetilación de p-aminofenol

Se parte de una mezcla de p-aminofenol con agua en unas proporciones de 1 parte de agua por cada 2 de p-aminofenol y con anhídrido acético añadido posteriormente a la mezcla. Se supone que la mezcla agua etanol se consigue en la proporción deseada mediante la evaporación previa para retirar el etanol. Se agita la disolución obtenida a una temperatura cercana a los 85°C preferiblemente. La reacción se lleva a cabo de manera rápida, comenzando prácticamente de manera instantánea tras la mezcla la disolución con el anhídrido acético y termina en un período cercano a los 75 minutos.



Una vez terminada la reacción se trata la disolución final con una disolución de hidróxido amónico, que le confiera un pH de entre 6,5 y 9 a la mezcla y por último se separa el producto empleando técnicas de cristalización mediante enfriamiento (normalmente menos de 30°C). El N-acetil-para-nitrofenol se separa mediante filtración una vez precipitado y se disuelve en una disolución de agua junto con un adsorbente sólido como el negro de carbón, y se añade hidróxido

amónico para obtener el pH final deseado comercialmente (entre 5,5 y 6,5). Se vuelve a cristalizar el paracetamol tras el tratamiento y se obtiene un producto prácticamente puro y de color blanco.

## 11 EMPLAZAMIENTO

### 11.1 Requisitos del emplazamiento

La planta necesita un suministro de fenol, que es la materia prima principal para la obtención de paracetamol. Pero además necesita hidrógeno para llevar a cabo la reacción de hidrogenación y óxidos de nitrógeno para dar lugar a ácido nitroso, aunque en estos casos la importancia es menor puesto que el hidrógeno se puede generar en la propia planta en una unidad separada, y el ácido nitroso consumido en la nitración de fenol se puede recuperar a partir de los óxidos de nitrógeno liberados. Los reactivos que intervienen en el proceso de producción de paracetamol son el ácido nítrico y el anhídrido acético.

Por otra parte, se necesitan grandes cantidades de ácido sulfúrico y etanol, que actúan como disolventes para llevar a cabo la reacción en los reactores de nitración e hidrogenación.

Se debe encontrar un emplazamiento que presente las condiciones óptimas para el suministro de materias primas, así como para la distribución del producto terminado.

### 11.2 Obtención de fenol

Dentro de los productores de fenol en España destaca principalmente Cepsa (segundo productor mundial de fenol y acetona), con una planta en funcionamiento en Palos de la frontera, en Huelva, con una capacidad anual de 600.000 Tm/año. (Cepsa, 2018)

### 11.3 Obtención de ácido sulfúrico

Es uno de los principales compuestos químicos fabricados a nivel mundial, por lo que su obtención no se presenta como una dificultad. Tras realizar un breve estudio, destacan las siguientes plantas de producción de ácido sulfúrico en España:

- Ineos Sulphur Chemicals, es la planta de producción de ácido sulfúrico construida más recientemente, en el año 2011, con una capacidad de 600.000 T. Produce ácido sulfúrico en concentraciones entre el 70% y el 100%. (INEOS sulphur Chemicals, 2017)
- Asturiana de Zinc (Glencore), emplea la corriente gaseosa de la tostación de zinc, rica en dióxido de azufre, para fabricar ácido sulfúrico concentrado. En 2011 la producción era de cerca de 670.000 toneladas de ácido. (La nueva España, 2012) (Glencore, 2018)

### 11.4 Obtención de ácido nítrico

Entre las plantas destacadas en España se encuentran:

- Nitircomax, situada en Tarragona, con una capacidad de producción de 40.000 toneladas anuales de ácido nítrico al 100%, y su venta posterior en diferentes diluciones. (MAXAM, 2017)
- Yara suministra ácido nítrico en la península, cuya producción corre a cargo de varias empresas distribuidas por Europa, como en Francia (Pardies, Ambès y Montoir-de-Bretagne). (YARA, 2018)

### 11.5 Obtención de etanol

Entre las plantas de producción de etanol es España destacan:

- Ecocarburantes Españoles, en Cartagena (Murcia), con capacidad de 150.000 m<sup>3</sup> de bioetanol.
- Bioetanol Galicia, con una capacidad anual de 176.000 m<sup>3</sup>.
- Biocarburantes de castilla y León, con una capacidad de producción anual de 200 millones de litros.
- Bioetanol de la Mancha, en Ciudad Real, con capacidad de 45 millones de litros. (Morán, 2017)

### 11.6 Venta de paracetamol

El paracetamol es un medicamento que en la actualidad domina el mercado de los analgésicos, y Europa es uno de los principales consumidores a nivel mundial con cerca de 49.000 toneladas anuales, sólo por detrás de los Estados Unidos. La venta de paracetamol se puede realizar a empresas que se encarguen de su empaquetado y distribución, o se puede vender a empresas que utilicen el paracetamol en pequeña proporción como componente de un preparado farmacéutico.

En España destacan algunos laboratorios que emplean el paracetamol en sus fórmulas como: Laboratorios Ern en Barcelona, que emplean el paracetamol en la marca comercial Apiretal, o el laboratorio Gelos (actualmente del grupo Ferrer), encargada de la fabricación de gelocatil, también en Cataluña.

### 11.7 Selección de localización

En vista de que en España es posible acceder a las materias primas principales del proceso, y que el mercado europeo es un consumidor potencial del producto sintetizado, se va a presentar como un escenario favorable para la instalación de la planta la comunidad Autónoma

de Cataluña, en especial Barcelona, donde se concentran numerosos laboratorios farmacéuticos que pueden necesitar suministro externo de paracetamol.

Es necesario que la planta disponga de una buena red de transporte, principalmente por carretera y por mar, y que disponga de conexión a la red eléctrica y de agua.

### 11.8 Polígono Industrial

El polígono industrial seleccionado es el polígono industrial de Constantí, en el ayuntamiento del mismo nombre, y muy cerca de la ciudad de Tarragona. Este dispone de parcelas industriales de reciente construcción.



*Figura 30 Vista aérea del polígono de Constantí donde se indica la parcela seleccionada*

El polígono dispone, en un radio de 5 km, de las siguientes plataformas de transporte:

- Aeropuerto de Reus, situado anexo al polígono industrial.
- Puerto de Tarragona.
- Autopista internacional AP-7.
- Terminal TECO de transporte de mercancías ferroviarias dentro del propio polígono.

## 11.9 Parcela

De la superficie disponible en el polígono industrial, se han seleccionado seis parcelas donde se instalará la planta de producción de paracetamol, resaltadas en color violeta en la figura 31, y con una superficie total de 22509 m<sup>2</sup>.

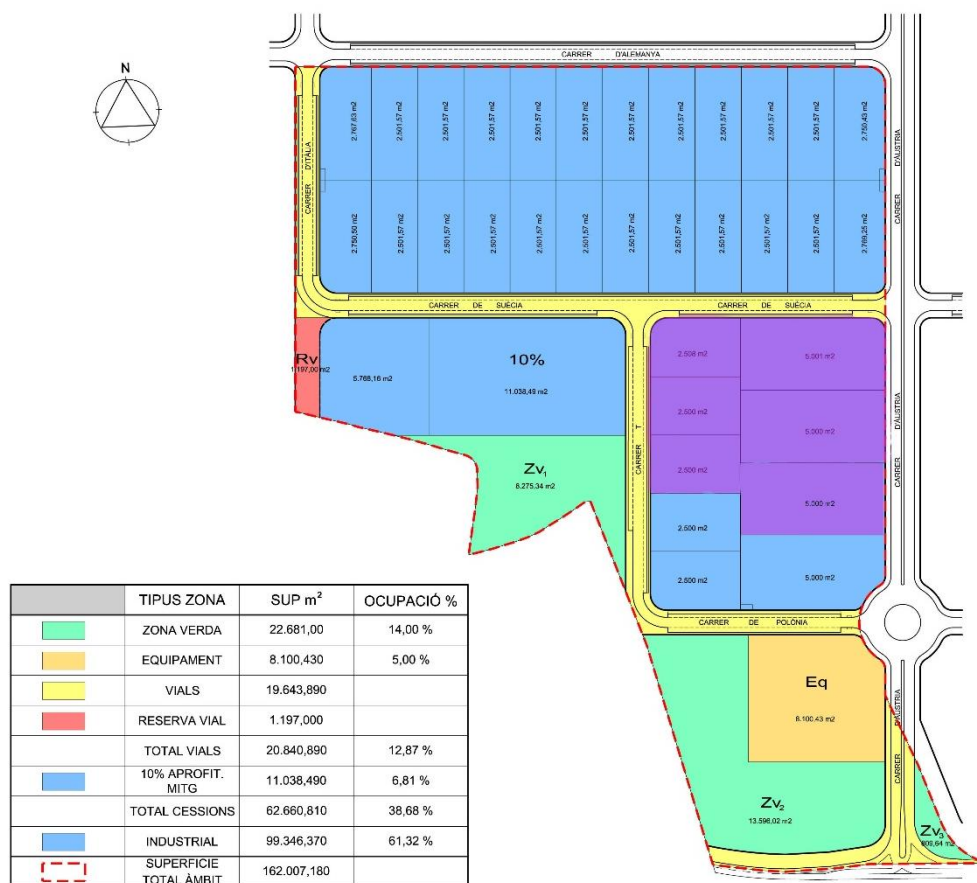


Figura 31 Distribución por parcelas de la ampliación del polígono de Constantí

## 11.10 Meteorología

Dado que no se obtuvieron datos sobre la meteorología en el polígono, se acude a la información meteorológica del Aeropuerto de Reus, cercano al polígono. Los datos obtenidos comprenden desde el año 1981 hasta el año 2010, y se muestran en la Tabla 8.



Tabla 8 Datos meteorológicos del emplazamiento seleccionado

Mes	T	TM	Tm	P	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9.0	14.1	3.9	29	70	4.0	0.2	0.2	0.3	5.7	7.2	157
Febrero	9.7	14.9	4.5	28	68	3.5	0.1	0.1	1.3	2.9	5.4	162
Marzo	11.9	17.1	6.6	28	67	3.8	0.1	0.3	1.9	0.8	6.0	197
Abril	13.8	19.0	8.6	37	66	5.0	0.0	0.5	0.8	0.0	3.9	222
Mayo	17.2	22.2	12.1	54	66	5.4	0.0	1.5	0.4	0.0	4.2	251
Junio	21.2	26.3	16.1	25	63	3.1	0.0	1.4	0.2	0.0	6.3	274
Julio	24.2	29.3	19.1	15	63	2.0	0.0	1.3	0.1	0.0	9.4	306
Agosto	24.6	29.4	19.7	42	66	3.6	0.0	2.6	0.2	0.0	6.2	265
Septiembre	21.5	26.3	16.6	77	70	5.1	0.0	3.1	0.2	0.0	4.8	209
Octubre	17.5	22.3	12.7	75	73	6.0	0.0	1.9	0.4	0.0	3.9	182
Noviembre	12.6	17.5	7.6	53	72	4.4	0.0	0.6	0.3	1.3	5.4	157
Diciembre	9.7	14.6	4.7	36	72	4.1	0.0	0.3	0.7	3.6	5.7	145
Año	16.1	21.1	11.1	500	68	49.8	0.4	13.9	6.7	12.5	68.3	-

Donde:

<b>T</b>	Temperatura media mensual/anual (°C)
<b>TM</b>	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
<b>Tm</b>	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
<b>P</b>	Precipitación mensual/anual media (mm)
<b>H</b>	Humedad relativa media (%)
<b>DR</b>	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
<b>DN</b>	Número medio mensual/anual de días de nieve
<b>DT</b>	Número medio mensual/anual de días de tormenta
<b>DF</b>	Número medio mensual/anual de días de niebla
<b>DH</b>	Número medio mensual/anual de días de helada
<b>DD</b>	Número medio mensual/anual de días despejados
<b>I</b>	Número medio mensual/anual de horas de sol

En relación con la pluviometría destaca que la precipitación media anual es de 500 mm/año, teniendo su máximo en el mes de septiembre con 77mm. La humedad relativa es del 68

%. El fenómeno más habitual es el día despejado, con 68,3 días al año, seguidos por la lluvia con casi 50 días al año. (AEMET, Asociación Estatal de Meteorología, 2018)

En cuanto a la dirección del viento, según datos de la estación del puerto de Tarragona, durante los meses de invierno (Enero-Abril y Noviembre-Diciembre) predomina sobre la ciudad el flujo de componente Norte-Noroeste. Esto es debido a la influencia del anticiclón de las Azores y la entrada de aire atlántico en la cuenca mediterránea.

En cuanto a los meses de primavera y verano, el calentamiento de la superficie produce una activación de la dinámica atmosférica induciendo la circulación de brisas mar-tierra durante el día y tierra-mar en la noche.

La velocidad del viento se mantiene relativamente constante a lo largo de todo el año. La velocidad de viento máxima alcanzable se supone de 120 km/h.

### 11.11 Sismicidad

Otro de los parámetros importantes a considerar para el emplazamiento de la planta de producción de paracetamol es el riesgo sísmico de la zona, puesto que puede comprometer la integridad de las estructuras en caso de que no se tomasen las medidas de protección oportunas

EL mapa de peligrosidad sísmica mostrado en la figura 32 ha sido elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y estipula que para la zona en la que se encuentra el polígono seleccionado para la instalación de la planta el riesgo es media-baja y por ello no se contemplan medidas adicionales de protección y, por lo tanto, no es un aspecto determinante en la localización de la planta. (Instituto Geográfico Nacional , 2018)

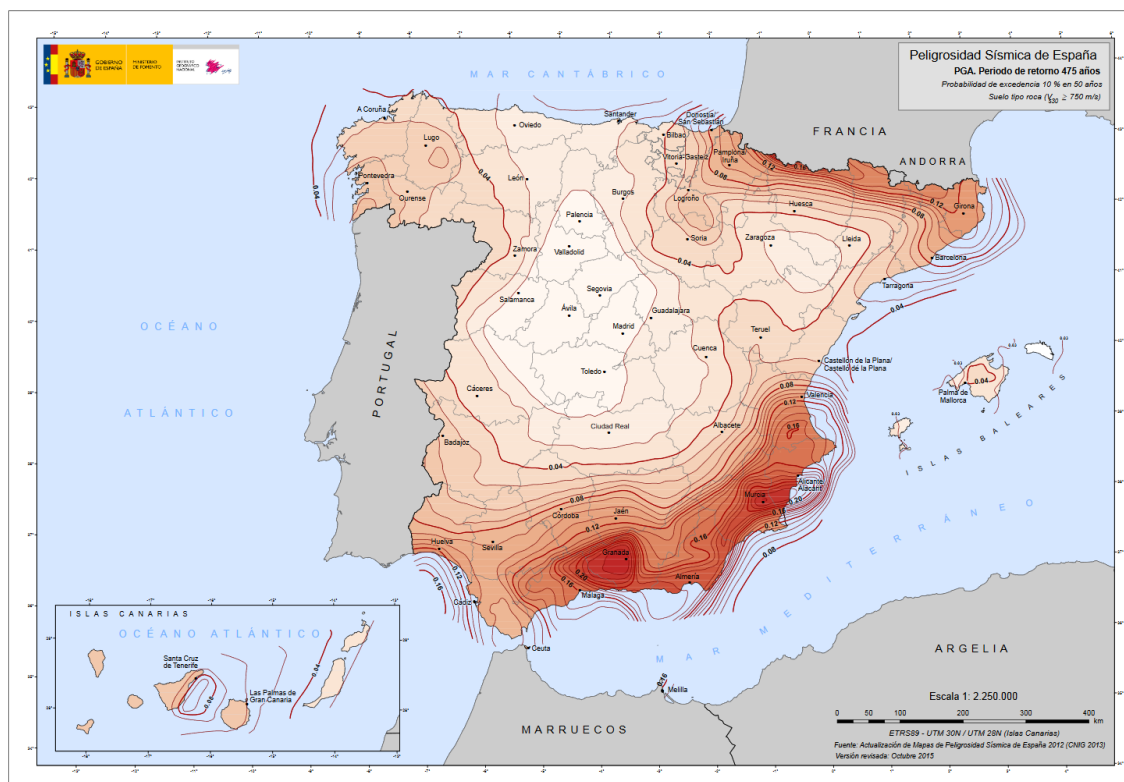


Figura 32 Mapa de riesgo sísmico en España

## 12 ESTUDIO DE MERCADO

El mercado farmacéutico es un sector muy importante a nivel mundial, que agrupa tanto las farmacias, las parafarmacias, los laboratorios farmacéuticos y hospitales, entre otros. Incluye además las medicinas destinadas al sector veterinario. El sector goza de un crecimiento año a año, alcanzando cifras superiores a los 100.000 millones de dólares en ventas a nivel mundial. Actualmente cobran gran importancia los mercados de los países emergentes, como pueden ser China, Brasil o la India, con un crecimiento anual superior al 10%, mientras que otras potencias mundiales como los Estados Unidos o Alemania poseen un crecimiento moderado, del orden del 1% al 4% anual. (International Team Consulting, 2015)

Hay que destacar el caso de Alemania, que con 190.800 millones de euros en el año 2014 es el mayor sector químico y farmacéutico de Europa, y la cuarta industria química en importancia de todo el mundo. Más del 90% de las más de 2.000 empresas que conforman esta industria son pymes, que se encuentran ubicadas en parques químicos repartidos por todo el país, lo que implica la existencia de una excelente infraestructura muy competitiva, tanto para el suministro de materias primas como de energía. (Ministerio Federal de Economía y Energía, 2018)

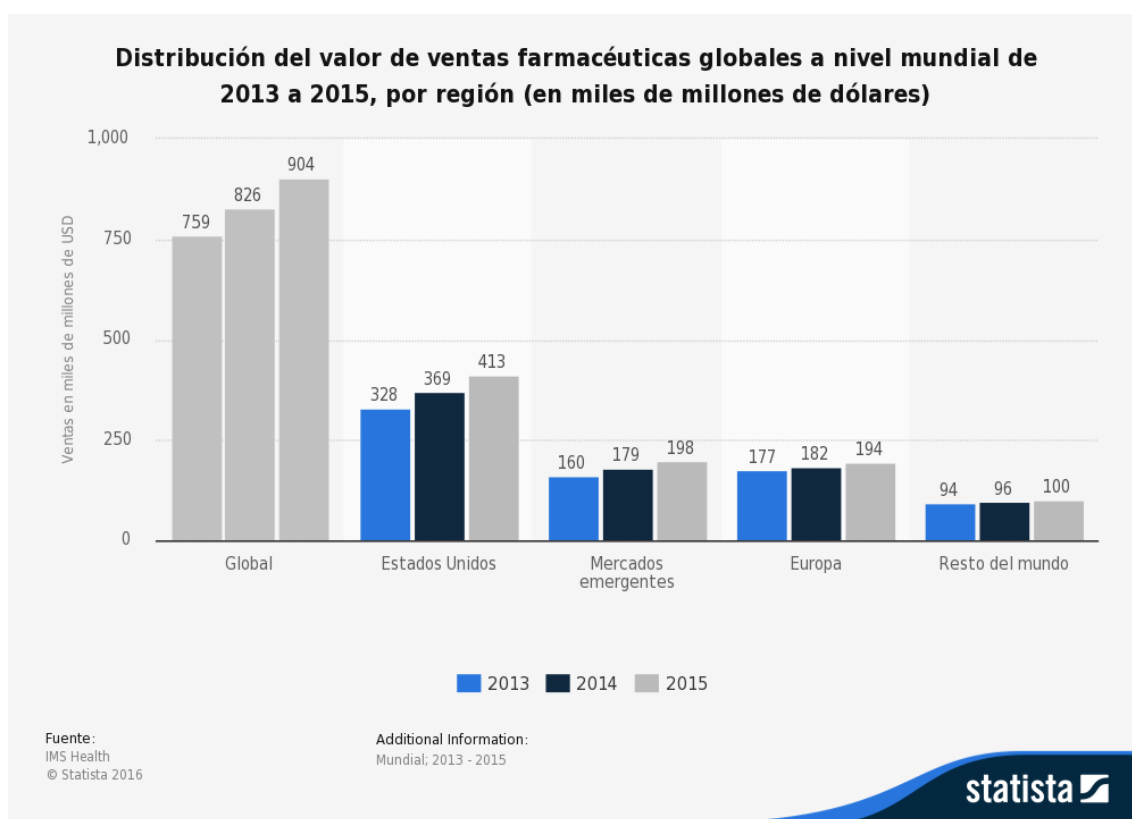


Figura 33 Ventas farmacéuticas globales a nivel mundial de 2013 a 2015 en miles de millones de dólares (Statista, 2015)

El comercio internacional y nacional y las políticas y prácticas en el ámbito de las finanzas y los impuestos afectan a la forma en la que la industria farmacéutica trabaja en un país. En el caso de países en desarrollo, al prevalecer enfermedades infecciosas y la malnutrición, los fármacos más necesarios son los suplementos nutricionales, las vitaminas y los antiinfecciosos. En los países desarrollados, las enfermedades más comunes van asociadas al envejecimiento y a dolencias específicas, por lo que los fármacos más demandados son los relacionados con el sistema cardiovascular, el sistema nervioso central, los antiinfecciosos y los quimioterápicos. Es aquí donde entra en juego la importancia del paracetamol en la industria farmacéutica actual, puesto que es uno de los principales analgésicos y antipiréticos. (Tait, 1998)

## 12.1 Paracetamol

El paracetamol fue comercializado por primera vez en los Estados Unidos en el año 1953, promocionándolo como un analgésico apto para niños y personas mayores. Actualmente, se sigue vendiendo en los Estados Unidos, siendo la marca más distribuida el Tylenol, establecido en el año 1955 cuando los Laboratorios McNeil comenzaron a venderlo como un remedio para la fiebre infantil.

Un año más tarde, se comenzó a vender en el Reino Unido, bajo el nombre de Panadol. En el año 1963 fue añadido a la *British Pharmacopoeia* (o Farmacopea británica), y comenzó a ganar popularidad como agente analgésico, que interfería poco con el uso de otros medicamentos comúnmente empleados.

Actualmente, el paracetamol industrial se comercializa principalmente con dos fórmulas, en forma de polvo o en gránulos, cada uno de los mismos con unas características concretas. Por ejemplo, los polvos son empleados principalmente para la producción de tabletas, puesto que son compresibles de manera directa, lo que facilitan la acción.

Tabla 9 Propiedades Paracetamol en polvo

Paracetamol en polvo	
Descripción	Polvos cristalinos de color blanco, de gusto ligeramente amargo
Pureza	99 %
Solubilidad	Aprox. 10% en MCOH
Punto de fusión	169-170 °C
pH (10% en suspensión)	5,7
Metales pesados	<0.001 %
4-aminofenol	<0.005 %
4-cloroacetanilida	<0.001 %



Figura 34 Paracetamol en polvo

Tabla 10 Propiedades Paracetamol en gránulos

<b>Paracetamol en gránulos</b>	
<b>Descripción</b>	Gránulos blancos o polvo granular blanco inodoro, con un gusto amargo
<b>Pureza</b>	90 %
<b>Solubilidad</b>	Escasamente soluble en agua, ligeramente soluble en alcohol y altamente soluble en cloroformo y semejantes
<b>Punto de fusión</b>	168-172 °C
<b>Metales pesados</b>	No más de 20 ppm
<b>4-aminofenol</b>	<0.005 %



Figura 35 Paracetamol granulado

### 12.1.1 Precio y volumen de mercado

Ya desde comienzos del siglo XXI el paracetamol domina el mercado de los analgésicos, fabricándose más de 80.000 toneladas métricas anualmente (proviniedo 30.000 toneladas de la empresa Mallinckrodt, en los Estados Unidos), superando los 350 millones de dólares de valor de mercado. (IHS Markit, 2002)

Debido a la crisis económica global, la industria del paracetamol sufre un pequeño retroceso en cuanto a la tendencia de crecimiento característica, aunque mantiene una tasa de evolución favorable durante los últimos años. En el año 2013 los beneficios reportados por la venta de paracetamol fueron de 800 millones de dólares, mientras que en el año 2014 se consiguió

aumentar hasta casi los 900 millones de dólares, manteniendo un crecimiento anual hasta el año 2016 de un 0,68%. (Wave 3 news, 2018) (Transparency market research, 2015)

El proceso de producción es muy costoso, lo que determina el precio del producto final. El precio se está viendo afectado por la competencia emergente en China e India, aunque se puede considerar que el precio por kg de paracetamol es de 8 US\$. (IHS Markit, 2002)

El mercado del paracetamol y de p-aminofenol se reparte entre Asia Pacífico, Norte América, Europa, Latinoamérica, Oriente Medio y el Norte de África. Con el aumento en el número de productores de PAP y la evolución en la fabricación de productos químicos, la fabricación de paracetamol en los Estados Unidos se ha propulsado, llegando a liderar el mercado global. En el año 2013 el mercado de paracetamol en este país fue valorado en unos 190 millones de dólares estadounidenses, y resulta especialmente beneficioso debido a la facilidad que presenta este país para la compraventa de medicamentos libres de receta médica. Las investigaciones especializadas indican que se espera que en el futuro se mantenga esta condición de liderazgo de los Estados Unidos, gracias al empeño de los productores de adherirse a las regulaciones medioambientales que rigen el sector, así como al impulso de la producción de p-aminofenol en la región. (Transparency market research, 2015)

Por detrás del liderazgo de Norteamérica, el mercado de paracetamol y de p-aminofenol en la región de Asia Pacífico se prevé que crezca en gran medida en el futuro, en parte gracias al bajo coste de la materia prima, a un proceso de investigación y desarrollo más asequible y a la disponibilidad de mano de obra más barata con menores salarios, a la existencia de una infraestructura de apoyo a la manufactura y al aumento progresivo en el número de consumidores. Destacan especialmente China e India como los mercados más prometedores en los próximos años. (Transparency market research, 2015)

#### **12.1.2 Producción mundial**

La producción mundial de paracetamol en el año 2012 fue de 130.900 toneladas, de las cuales Estados Unidos únicamente aportó 27.454,1 toneladas. Durante los cuatro años siguientes, la industria del paracetamol presentó un índice de crecimiento del 2,85% anual, llegando a conseguir una producción global en el año 2016 de 147.000 toneladas.

Es un mercado que se sustenta debido al aumento sustancial de las enfermedades crónicas, así como diferentes afectaciones que necesitan un control del dolor en el paciente. A todo esto, ayuda que está creciendo la conciencia sobre las soluciones que presenta el paracetamol en el tratamiento del dolor, al ser un analgésico eficiente, lo que impulsa su consumo a nivel mundial. (Transparency market research, 2015)



La fabricación a nivel global de paracetamol se concentra principalmente en China e India. Entre ambos países se cubrió en el año 2016 un 83.86% de la producción total (correspondiendo un 59,02 % a China y un 24,84% a India), y se espera que en los siguientes años se siga concentrando la fabricación de paracetamol en estos dos países.

### **12.1.3 Previsión de futuro**

Los factores clave que se espera que lleven a potenciar el crecimiento de la producción tanto de p-aminofenol como de paracetamol son el incremento significativo en las inversiones en el ámbito farmacéutico, así como el aumento en la adopción de políticas reguladoras favorables al mercado de medicamentos.

El mercado de paracetamol presenta un CAGR, o tasa de crecimiento anual compuesto, del 1,3% desde el año 2014 hasta el 2022. Estas expectativas de crecimiento se sustentan en la existencia de un gran número de fabricantes de medicamentos genéricos que producen en gran cantidad paracetamol. Se espera además que este mercado crezca mucho más rápidamente en las regiones de Asia Pacífico, en este mismo periodo, con un CAGR de un 3,5%. Esto se debe a que cada vez el número de fabricantes de paracetamol aumenta en estos países, debido en gran parte al auge en el número de afectados por gripes, fiebre, gripe porcina y artritis.

En el año 2013 se valoró el mercado mundial de paracetamol en 800 millones de dólares estadounidenses, mientras que las perspectivas de futuro señalan que para el año 2022 aumentará hasta superar los 1050 millones de dólares. (Transparency market report, 2016)

### **12.1.4 Principales consumidores**

Aunque los mayores productores son China e India, Estados Unidos destaca como el mayor mercado a nivel mundial, puesto que consume casi 49.000 toneladas anualmente, seguido por Europa con un consumo de casi 48.500 toneladas anuales, y a continuación se encuentra China con 35.000 toneladas. Resalta que India, a pesar de encontrarse entre los mayores productores, no es un país consumidor en alto nivel de paracetamol.

### **12.1.5 Principales productores**

Debido a políticas de protección medioambiental, actualmente existen únicamente dos plantas de producción de paracetamol fuera de Asia, y son Mallinckrodt (en los Estados Unidos de América) y Atabay (en Turquía). El paracetamol es producido principalmente por: Mallinckrodt, Farmson, Granules India, Anqiu Lu'an, Zhejiang Kangle, Hebei Jiheng, Novacyl y Anhui Fubore. Estas empresas representaron el 76% de la producción mundial en el año 2016. (Wong, 2017)

Hay que destacar que en España también existe producción de paracetamol, aunque a pequeña escala, con laboratorios como: (Andrew, 2013)

- Laboratorios Ern, que fabrican paracetamol bajo la marca comercial Apiretal, un analgésico y antipirético infantil.
- Gelos, encargado de la fabricación de gelocatil.
- Sterwin Española, que produce la marca comercial Panadol.
- El laboratorio Prodes, que fabrica Temporal.

## 13 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 13.1 A-100: Área de almacenamiento de materias primas

Esta área de la planta consta de los diferentes tanques de almacenamiento de las materias primas empleadas en el proceso de síntesis de paracetamol, como son el fenol, el ácido nítrico, el ácido sulfúrico, el etanol, el hidrógeno, el anhídrido acético y el bisulfito sódico.

### 13.2 A-200: Área de reacción: nitración

En esta zona se encuentra el reactor en el cual se lleva a cabo la reacción de nitración de fenol, donde es necesaria la alimentación de fenol, ácido nítrico, ácido nitroso y ácido sulfúrico.

#### 13.2.1 R-201: reactor de nitración/cristalizador

En este reactor se lleva a cabo la Reacción 3, donde intervienen el fenol, el ácido nítrico y el ácido nitroso, en un medio formado por ácido sulfúrico como se ha explicado en el apartado correspondiente a la descripción del proceso.



El reactor opera de forma semicontinua, donde el ácido nítrico, el ácido sulfúrico y el ácido nitroso son cargados previamente en el reactor, procedentes de la alimentación fresca (área 100) o de los tanques de almacenamiento intermedio tras la recuperación en las columnas de destilación, y a continuación el fenol es alimentado de forma continua durante los 60 minutos que dura la reacción. El ácido nítrico es de un 69% en peso, y el ácido sulfúrico es de un 98% en peso, por lo que se introduce agua en el medio de reacción, a la vez que a la salida se añade el agua generada por la propia reacción.

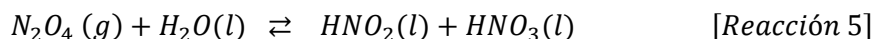
El reactor trabaja de forma isotérmica a 20 °C y a una presión de 5 bar para facilitar, una vez terminada la reacción, la remoción descomposición de ácido nítrico en tetraóxido de dinitrógeno. Finalizada la reacción, mientras se retiran los gases por la zona superior, el para-nitrofenol precipita en el propio reactor, debido a la alta concentración de ácido sulfúrico y la baja temperatura.

Existe una centrifugadora (CT-201) se encarga de separar los cristales de nitrofenol del medio acuoso de reacción. En este tipo de equipos, una fuerza centrífuga, generada por altas velocidades de rotación, se encarga de separar ambas fases, lo que permite recuperar por una parte el para-nitrofenol para enviarlo a la sección de purificación, y el medio acuoso a la zona de recuperación.

En este caso se ve más conveniente el empleo de centrifugadoras en lugar de filtración, lo que supone el empleo de un medio filtrante, que retiene el sólido mientras la fuerza centrífuga

fuerza el líquido a salir por el filtro. Una vez terminada la filtración, el sólido es retirado de la centrifugadora. (Catalano, y otros, 2018)

Por otra parte, en el equipo R-202 se recogen los óxidos de nitrógeno generados en el reactor de nitración R-301 a 20°C, y se mezclan con agua para generar de nuevo el ácido nitroso y el ácido nítrico para su empleo como reactivos.



La Reacción 5 es una reacción reversible, que se ve desplazada hacia la formación de ácido nitroso y ácido nítrico ante un aumento de la presión y un aumento de la temperatura.

Según el principio de Le Châtelier, ante un aumento de la presión, el equilibrio tiende a desplazarse hacia donde existe un menor número de moles de gas, en este caso hacia la formación de ácido nítrico y nitroso. Por otra parte, se trata de una reacción endotérmica:

$$\Delta H^\circ_r = \sum n_{\text{productos}} \Delta H^\circ_f \text{ productos} - \sum n_{\text{reactivos}} \Delta H^\circ_f \text{ reactivos} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

$$- \Delta H^\circ_f \text{ tetraóxido de dinitrógeno} = -19,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$- \Delta H^\circ_f \text{ agua} = -285 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$- \Delta H^\circ_f \text{ ácido nitroso} = -76,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$- \Delta H^\circ_f \text{ ácido nítrico} = -205 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H^\circ_r = \left( -76,7 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} - 205 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) - \left( -19,5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} - 285 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) = 22,8 \text{ kJ/mol}$$

Al ser una reacción endotérmica, el aumento de la temperatura también beneficia la transformación de los óxidos de nitrógeno en ácido nitroso y ácido nítrico.

Es por ello por lo que en este reactor se alimenta agua, y se aumenta la presión y se mantiene la temperatura cerca de los 20°C para conseguir recuperar el ácido nitroso para la reacción de nitración. El agua será cargada previamente en cantidades estequiométricas, y los óxidos de nitrógeno en fase gas, como se obtienen del reactor R-201 son burbujeados en la misma para llevar a cabo la reacción.

### 13.3 A-300: Área de separación

En el reactor de nitración R-201 se genera una salida líquida formada principalmente por el ácido sulfúrico empleado como medio de reacción, por ácido nítrico y fenol sin reaccionar, y por agua, tanto la introducida con los reactivos (ácido nítrico al 69% y ácido sulfúrico al 98%) como la generada en la propia nitración.

Tras ser separada la corriente líquida en la centrifugadora CT-201, se envía a un tanque de almacenamiento intermedio, el V-301. Esta zona de la planta funciona de manera continua, a diferencia de los reactores y las secciones de purificación de productos.

El área 300 está compuesta principalmente por 3 columnas de destilación donde se recuperan los 2 reactivos y el medio de reacción, y se separa el agua en exceso, como se explica en el Anexo I en el balance de materia correspondiente.

La primera columna, T-301, recupera el ácido nítrico y lo almacena en un tanque intermedio V-303. La corriente de colas de dicha columna se envía a la siguiente, T-302, donde se recupera el ácido sulfúrico, que es enviado a un tanque intermedio, V-305, donde se añade una pequeña cantidad de agua para su dilución de nuevo al 98%.

Por último, en la columna T-303 se separa el fenol para su empleo como reactivo de nuevo, que es almacenado en el tanque V-307, y la salida por cabezas consta de agua en exceso con impurezas.

### 13.4 A-400: Área de purificación del para-nitrofenol

En esta área se comienza diluyendo los cristales de nitrofenol en un tanque de mezcla V-401 (formado tanto por los isómeros para y orto) en agua, para ser sometidos a una destilación por arrastre de vapor en la columna T-401.

Esta destilación con arrastre de vapor permite la separación de los isómeros orto de la mezcla, obteniendo por colas un lodo de para-nitrofenol en agua manteniendo aún ciertas impurezas.

El funcionamiento de esta columna se basa en la vaporización y extracción de manera selectiva del orto-nitrofenol mediante la inyección de vapor de agua en la mezcla. El para-nitrofenol de salida se almacena en el tanque V-403 para cuando sea necesaria su posterior purificación en cada batch, puesto que la columna funcionará de manera continua.

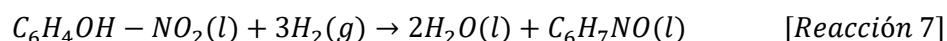
A continuación, se añade bisulfito sódico a la mezcla, en una concentración de un 3% en peso, y se lleva la mezcla a un tanque con agitación, V-404, donde se consigue una temperatura de 70°C y se pasa la disolución a un decantador D-401, donde se forman dos fases, una inferior rica en agua con pequeño contenido en para-nitrofenol y que contiene gran parte de las impurezas, y una fase superior rica en para-nitrofenol con agua.

La fase superior es enviada a un nuevo tanque de mezcla, V-405, donde se enfría la mezcla hasta los 45°C y tras asegurar la correcta agitación del para-nitrofenol, agua y bisulfito, se vuelve a llevar a un decantador donde ahora la fase inferior es la fase rica en para-nitrofenol, que ya no contiene impureza alguna, y posee una pequeña parte de agua. Esta fase se lleva a un cristizador,

C-401; donde se enfría hasta los 20°C para provocar la precipitación del para-nitrofenol. Estos cristales son separados de la fase acuosa en una centrifugadora, CT-401 y enviados a un tanque de almacenamiento intermedio, V406, para ser alimentados al reactor de hidrogenación en el momento adecuado.

### 13.5 A-500: Área de reacción: hidrogenación

En esta área el equipo principal es el reactor de hidrogenación, donde se lleva a cabo una reacción donde intervienen como reactivos el para-nitrofenol procedente del área 400, una vez purificado, e hidrógeno. La Reacción 7 es catalizada por platino sobre carbono, y se desarrolla en un medio formado por etanol, elegido porque el para-nitrofenol es más soluble en este que en el agua.



El para-nitrofenol y el etanol se cargan en el reactor y se lleva la mezcla hasta los 80°C. En este punto se comienza la introducción de hidrógeno a la mezcla. Una vez terminada la reacción tras 2 horas, se retiran los gases por la zona superior del tanque, y la mezcla líquida se envía a un filtro prensa F-501 para retirar el catalizador, y enviar la mezcla líquida a un evaporador para retirar el etanol de la mezcla para su recuperación.

El filtro prensa es empleado para la separación de partículas sólidas de un medio acuoso principalmente, empleando para ello la presión. Es empleado fundamentalmente en procesos en discontinuo y con volúmenes de trabajo fijos. La operación necesita, por tanto, de un proceso de descarga de los sólidos una vez terminado el proceso. El filtro está formado por dos partes fundamentales: el cuerpo, encargado de la sujeción de los filtros durante la operación, y el conjunto de filtros, encargados de retener las partículas sólidas.

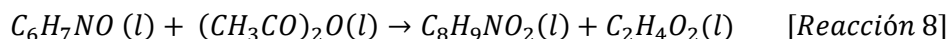
Este filtro es considerado un filtro universal, muy empleado en la industria farmacéutica. No ha sufrido muchas mejoras desde su invención, pero es un equipo simple, compacto y que ofrece una alta superficie de filtrado a bajo coste.

### 13.6 A-600: Área de separación

Esta zona trabaja de forma continua, donde se dispone del etanol y el agua en un tanque de almacenamiento intermedio V-601. Es alimentada a una columna de destilación, T-601, donde se recupera por cabezas etanol al 96% en peso para ser empleado de nuevo como medio de reacción durante la hidrogenación en el reactor R-501. La disolución de etanol final se almacena de nuevo en un tanque intermedio, el V-602.

### 13.7 A-700: Área de reacción: acetilación.

En esta zona se encuentra el reactor R-701, donde se lleva a cabo la reacción de acetilación, empleando para ello anhídrido acético



Se debe llevar la mezcla hasta los 80°C y la duración de la reacción es de aproximadamente 75 minutos.

Posteriormente se cristaliza el paracetamol enfriando la mezcla en el cristalizador C-701, y se retira el anhídrido acético junto con el ácido acético generado en la reacción y reactivos sin reaccionar en el filtro prensa F-701.

### 13.8 A-800: Área de purificación del paracetamol.

En esta zona se diluyen los cristales de paracetamol separados en el filtro F-701 en agua, y se añade hidróxido amónico para ajustar el pH y partículas de negro de carbón encargadas de retirar posibles impurezas.

A la salida del tanque de mezcla se filtra la mezcla en el F-801 para retirar las partículas de negro de carbón, y la fase líquida separada y se cristaliza el paracetamol en el cristalizador C-801, siendo los cristales posteriormente separados mediante el filtro prensa F-802.

### 13.9 A-800: Área de almacenamiento del producto terminado.

En esta área se almacena el paracetamol, que se produce a razón de aproximadamente 5 toneladas por batch, lo que significa 15 toneladas diarias de producto terminado.

## 14 MATERIAS

### 14.1 Materias primas

#### 14.1.1 Fenol

Fenol es el nombre específico del monohidroxibenceno,  $C_6H_5OH$ , pero también es el nombre genérico que recibe cualquier compuesto que contiene uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. También ha recibido nombres como ácido carbónico, ácido fenílico u oxibenceno. Fue aislado por primera vez en el año 1834 a partir de alquitrán de hulla, siendo esta prácticamente la única fuente de fenol hasta el comienzo de la primera guerra mundial, cuando se comenzó a sintetizar a partir de la sulfonación de benceno y la posterior hidrólisis del sulfonato. Ya en la década de 1990 el 90% de la producción mundial de fenol era realizada por vías sintéticas. (Kirk, y otros, 1998)

##### 14.1.1.1 Especificaciones comerciales y estándares

La regulación de materiales peligrosos realizada por el DOT (*U.S. Department of transportation*) clasifica el fenol como un material tóxico de clase B. Esto conlleva que se debe etiquetar en sus contenedores y recipientes como tóxico, y debe cumplir con la normativa y las regulaciones pertinentes. En la Tabla 11 se enumeran las especificaciones comerciales típicas en el fenol. (Kirk, y otros, 1998)

*Tabla 11 Especificaciones típicas del fenol comercial*

Propiedad	Valor
Punto de congelación, en °C	40,85
Color, ASTM Pt-Co	5
Concentración de fenol mínima, en %peso	99,99
Concentración de agua máxima en %peso	0,01
Impurezas en ppm	
Carbonilos	40
Hidroxiacetona	10
Alfa-metilestireno y cumeno	5
Acetofenona	3
2-metilbenzofurano	2



## 14.1.1.2 Propiedades físicas

Es un sólido cristalino, incoloro a temperatura ambiente. En caso de permanecer expuesto a la luz o a calor, o de contener impurezas en su composición, gradualmente adquiere un color rosado. Tiene un olor dulce característico, y un sabor a quemado. Tiene una solubilidad en agua limitada, entre 0 y 65 °C. Por encima de los 63,5 °C, el fenol y agua son miscibles en cualquier proporción. En alcohol, benceno o cloroformo es altamente soluble. (Kirk, y otros, 1998)

Tabla 12 Propiedades físicas del fenol

Propiedad	Valor
<b>Peso molecular</b>	94,11
<b>pH</b>	Aprox. 5 a 50 g/l y 20°C
<b>Punto de fusión</b>	40,8 °C
<b>Punto de ebullición</b>	181,8 °C
<b>Presión de vapor</b>	46,85 MPa
<b>Punto de inflamación</b>	81 °C
<b>Temperatura crítica</b>	421 °C
<b>Presión crítica</b>	6,13 MPa
<b>Densidad</b>	1,07 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en agua</b>	84 g/l a 20°C
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua</b>	Log Pow: 1,47 (30°C)
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	715 °C
<b>Calor de fusión</b>	121,54 J/g
<b>Calor de vaporización</b>	528,7 J/g
<b>Calor de combustión</b>	-32,468 kJ/g
<b>Viscosidad</b>	3,437 mPa.s a 50°C
<b>Calor específico a 4 °C (sólido)</b>	1,24
<b>Calor específico a 227 °C (sólido)</b>	1,41
<b>Calor específico a 70-74 °C (líquido)</b>	2,22

#### 14.1.1.3 Propiedades químicas y reactividad

Las propiedades químicas del fenol provienen principalmente por la presencia del grupo hidroxilo, así como por el anillo aromático. Aunque su estructura es similar a la del ciclohexanol, el fenol es un ácido más fuerte (su  $pK_a$  en solución acuosa es de  $9,89 \cdot 10^{-10}$  a  $25^\circ\text{C}$ ). Es por ello por lo que reacciona fácilmente con bases fuertes para formar sales. A su vez las sales, en especial las de sodio y potasio, pueden ser revertidas a fenol empleando ácidos carboxílicos o ácidos minerales. Pero el grupo hidroxilo puede ser a su vez fácilmente esterificado y eterificado (el acetato de fenilo o el fosfato de trifenilo son algunos de los ésteres comerciales del fenol, así como el metoxibenceno o el fenetol son los éteres comerciales).

Presenta, en general, reacciones exotérmicas peligrosas al contacto con: aluminio, aldehídos, halógenos, peróxido de hidrógeno, compuestos férricos, oxidantes, ácidos y bases fuertes y formaldehído. Además, se corre riesgo de explosión al contacto con nitritos, nitratos, halogenatos y peróxidos.

La reacción más importante o que mayor interés presenta comercialmente en la industria del fenol, es la condensación con formaldehído para dar lugar a resinas fenólicas. Esta reacción representa más de la mitad del consumo de fenol en los Estados Unidos

En caso de fuerte calentamiento se da la posibilidad de que se forme una mezcla explosiva con el aire. Se debe considerar un intervalo crítico que comienza a 15 grados Kelvin por debajo de su punto de inflamación.

Es incompatible con materiales como la goma, diversos plásticos, aleaciones y ciertos metales. (Kirk, y otros, 1998)

#### 14.1.1.4 Usos

La principal finalidad para la cual se emplea el fenol es para la producción de resinas fenólicas, seguida muy de cerca por la producción de Bisfenol A, un mercado con un gran crecimiento en los últimos años, y que se espera que en un futuro se convierta en la principal industria consumidora de fenol.

Estas dos industrias destacan en el sector debido a:

- Las resinas fenólicas son resinas de bajo coste, producidas a partir de formaldehído y fenol por condensación. Son empleadas como adhesivos en la industria maderera y del automóvil.
- El bisfenol A es producido por la condensación de dos moles de fenol y uno de acetona, y se emplea tanto para la producción de policarbonatos como de materiales termoplásticos o diversas aplicaciones en automoción.

En la tabla 13 se muestran los principales empleos a nivel global del metanol para el año 1993. (Kirk, y otros, 1998)

*Tabla 13 Demanda global de fenol en el año 1993*

<b>Fenol</b>	<b>Demanda, %</b>
<b>Resinas fenólicas</b>	35
<b>Bisfenol A</b>	30
<b>Caprolactama</b>	15
<b>Alquilfenoles</b>	7
<b>Anilina</b>	5
<b>Otros</b>	8

#### 14.1.1.5 Obtención

El fenol se clasifica en grupos en función de su origen. Se conoce como fenol “natural” aquel que es obtenido a partir del alquitrán de hulla, aunque actualmente se encuentra bastante en desuso esta ruta de producción.

La fabricación de fenol ha ido evolucionando a lo largo de los años, hasta que hoy en día se han establecido un método de síntesis concreto que consiste en:

- Concentración de fenol por destilación fraccionada.
- Separación del fenol de sustancias básicas y neutras mediante extracción con hidróxido de sodio (lo que convierte al fenol en una sal soluble en agua).
- Regeneración del fenol mediante acidificación.
- Purificación empleando destilación y cristalización.

La ruta de la oxidación de cumeno es el proceso comercial de síntesis de fenol más empleado actualmente, siendo un 95% del fenol producido mundialmente obtenido por este método. El 5% restante se obtiene a partir de la ruta de oxidación de tolueno empleando ácido benzoico. Aun así, se han desarrollado múltiples métodos de síntesis industrial para la obtención de fenol, como por ejemplo la sulfonación de benceno, la oxiclорación de benceno o la obtención a partir de benceno vía ciclohexano.

La ruta de síntesis más empleada consiste en dos reacciones químicas principales: oxidación de cumeno con aire para dar lugar a hidroperóxido de cumeno, y posteriormente se

rompe esta molécula para dar lugar a fenol y acetona (generalmente se obtiene una proporción de 0,46 kg de acetona y 0,75 kg de fenol por cada kg de cumeno alimentado).

La oxidación de fenol se suele llevar a cabo en tres o cuatro reactores en serie, que operan a una presión moderada. El aire ingresa en el reactor por la parte inferior, y se retira por la zona superior de cada reactor. La reacción de oxidación es de naturaleza exotérmica, por lo que el calor generado es necesario retirarlo de manera continua mediante refrigeración externa. En esta etapa se forman subproductos como acetofenona, formaldehído o ácido fórmico.

Una vez concentrado el hidroperóxido de cumeno de la etapa anterior, este se pone en contacto con un catalizador ácido (por ejemplo, ácido sulfúrico). Las condiciones de temperatura del reactor donde se lleva a cabo la reacción se controlan minuciosamente para conseguir maximizar la producción de fenol. De forma habitual, se consiguen rendimientos superiores al 98% molar en fenol.

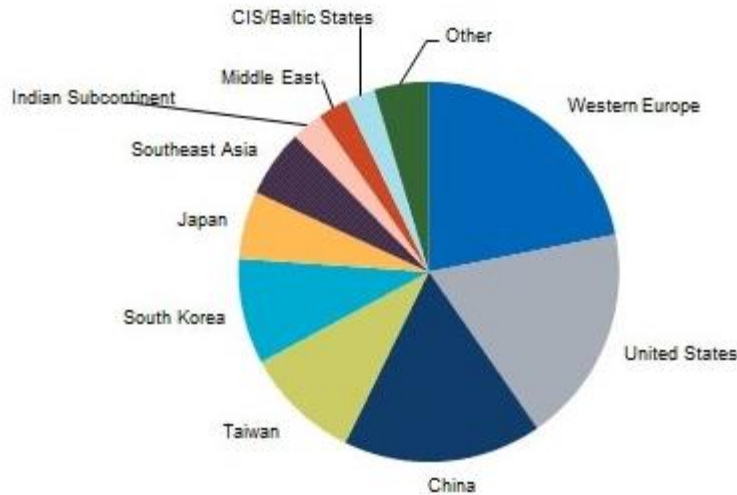
El fenol se recupera y purifica empleando destilación fraccionada empleando una serie de columnas de destilación. La mezcla que ingresa esta etapa está formada fundamentalmente por acetona, fenol, agua, hidrocarburos y trazas de impurezas orgánicas. (Kirk, y otros, 1998)

#### 14.1.1.6 Mercado

El fenol es la materia prima principal del proceso de fabricación de paracetamol, por lo que estudiar a fondo la situación actual del mercado de fenol global cobra gran importancia. En los últimos años ha sufrido numerosos cambios, y se espera que en un futuro cercano continúe esta tendencia. La producción en muchas de las regiones más grandes y avanzadas, en especial Estados Unidos, se ha visto comprometida por el gran crecimiento de la oferta procedente de Asia, lo que ha supuesto un cambio en los patrones de mercado a nivel global.

Actualmente existe una sobreproducción de fenol debido al nuevo mercado asiático, teniendo incluso en cuenta los numerosos cierres de plantas en los Estados Unidos. Entre el noreste de Asia y los Estados Unidos cubren aproximadamente el 65% de la producción global, y se espera que desde el año 2016 hasta el año 2020 la capacidad global de producción de fenol aumente en un 12 %, siendo el norte de Asia responsable de un 72% de este aumento, especialmente gracias a la región de China.

En cuanto al consumo a nivel mundial, en la Figura 36 se aprecia la distribución por regiones.



*Figura 36 Consumo mundial de fenol en el año 2015*

Se aprecia que los mayores consumidores actualmente son Europa Occidental y los Estados Unidos, aunque la tendencia indica que el mercado cambie en un futuro cercano. Los próximos cinco años se espera que China tenga el mayor crecimiento, creciendo con una tasa anual de un 11,5%, seguida muy de cerca por la India con un crecimiento en el consumo de fenol de un 7,7 % anual.

El consumo es principalmente fomentado por la industria de producción de bisfenol A (BPA), a donde va a parar el 47% de la demanda de fenol. En el año 2015 casi la mitad del fenol empleado para fabricar BPA fue solicitado por el mercado asiático. Esto es debido a que el bisfenol A se utiliza principalmente para la manufactura de plásticos como el policarbonato, y presenta un mercado en continuo crecimiento, de ahí la importancia que está cobrando en los últimos años el fenol en Asia.

El segundo uso más extendido para el fenol, representando un 28% de la demanda total, es la manufactura de resinas PF (o fenol-formaldehído), usadas ampliamente en la industria de la construcción. Por último, el sector del nylon es el tercero con mayor consumo de fenol, siendo una industria con un alto crecimiento anual. (IHS Markit, 2016)

Su coste en el año 2010 en Bélgica, el dato más próximo a España por encontrarse en la Unión Europea, es de 1.193 US\$ por tonelada métrica, lo que equivale a un coste de 1.028,45 €/t. (INTRATEC, 2010)

#### 14.1.1.7 Salud y seguridad

Los vapores de fenol son irritantes al entrar en contacto con los ojos (provocando incluso la ceguera), la nariz e incluso la piel. De acuerdo con el NIOSH, el instituto nacional para la salud y seguridad de los estados unidos, la exposición al fenol se debe controlar con el fin de que los empleados no entren en contacto con concentraciones superiores a 20 mg/m<sup>3</sup>, que es

aproximadamente la concentración permisible en el entorno de trabajo para una jornada laboral de 10 horas diarias. En caso de exposición prolongada o repetida puede provocar daños los órganos internos (riñón, hígado, sistema nervioso central). En cuanto al resto de seres vivos y al medioambiente, el fenol es tóxico para los peces si es vertido al mar o se encuentra presente en el ambiente marino en concentraciones superiores a 0,1 ppm.

Es un veneno protoplasmático corrosivo para prácticamente cualquier tejido orgánico, y a su vez es un anestésico natural, por lo que en caso de contacto con la piel no produce sensación de dolor o quemadura en un principio. En el momento en el que comienza la sensación de dolor, es probable que existan graves quemaduras y absorción a través de la piel, lo que en ocasiones conlleva una rápida aparición de síntomas e incluso la muerte.

Si un empleado entra en contacto con el fenol, se debe proceder a lavar la piel con agua, e inmediatamente de nuevo con polietilenglicol 400 o mezcla de polietilenglicol 300/etanol en proporción 2:1, durante un período de al menos 30 minutos.

En caso de que el contacto se produjera en la zona de los ojos, se debe proceder a su lavado continuo con agua durante 10 minutos. Si se ha producido una inhalación de los vapores de fenol, primeramente, se debe exponer a la persona a aire fresco y aportarle respiración asistida en caso de ser necesario. Por último, en caso de ingestión enjuagar con agua la boca, administrar carbón activo, y nunca provocar el vómito.

No presenta un comportamiento especial ante el fuego cuando se maneja a temperatura ambiente, aunque arde ante una llama o ignición. El límite inferior de inflamabilidad para el vapor es de 1,5% en aire. Si se maneja a altas temperaturas, desprende vapores tóxicos e inflamables, y tiene un punto flash de 85°C.

El personal encargado en planta del manejo del fenol debe estar equipado con ropa de protección química, gafas de seguridad y guantes de goma, aunque puede variar en función de las condiciones de trabajo y de la cantidad de producto manejada. (Kirk, y otros, 1998)

#### 14.1.1.8 Almacenamiento

El fenol suele ser transportado a alta temperaturas en estado líquido en bidones o cisternas. En el almacenamiento, el fenol suele adquirir un color amarillo, rosado o marrón, que puede hacerlo inutilizable para algún tipo de manufactura. Esta decoloración puede ser provocada por la acción del agua, el aire, la luz o trazas de acero o cobre. En caso de almacenamiento en estado sólido, se emplean tanques de níquel, o tanques revestidos de vidrio o con resina fenólica, lo que permite evitar la decoloración durante un par de semanas.

Los tanques de almacenamiento deben estar equipados con bobinas de calentamiento que cubran toda la altura del líquido en el equipo. Estos tanques pueden construirse empleando

soldadura o remachado, y se pueden emplear tanto en sentido vertical como en horizontal. No se suelen construir bajo tierra debido a que las fugas se hacen difíciles de detectar.

Se deben operar los tanques de manera que en las cargas, descargas o manipulación del contenido no se produzcan emisiones a la atmósfera. (Kirk, y otros, 1998)

#### 14.1.2 Ácido nítrico 69%

El ácido nítrico es un ácido fuerte encontrado de manera natural únicamente en forma de sales nitrogenadas. Ya era utilizado por civilizaciones antiguas como la egipcia, para la separación del oro y la plata. Se comenzó fabricando a partir de nitrato sódico, pero el paso fundamental para la síntesis actual lo realizó Ostwald al desarrollar la combustión catalítica de amoníaco, surgiendo la primera planta industrial en emplear este proceso en el año 1906 en Alemania. (Thiemann, y otros, 2005)

##### 14.1.2.1 Propiedades físicas

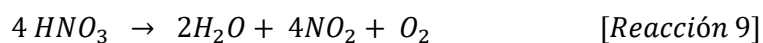
El ácido nítrico es un líquido incoloro, de olor picante. La sustancia o mezcla se clasifica como oxidante con la categoría 3, y puede ser corrosivo para los metales.

*Tabla 14 Propiedades físicas del ácido nítrico*

Propiedad	Valor
<b>Peso molecular</b>	94,11
<b>pH</b>	Menor de 1 a 20°C
<b>Punto de fusión</b>	-41 °C
<b>Punto de ebullición</b>	122 °C a 1,013 hPa
<b>Presión de vapor</b>	9,4 hPa a 20°C
<b>Densidad</b>	1,41 g/cm <sup>3</sup> a 20°C
<b>Solubilidad en agua</b>	Soluble a 20°C

Es soluble en agua en todas las proporciones, y forma un azeótropo a una concentración de 69,2% en peso. (Thiemann, y otros, 2005)

Además, se descompone térmicamente siguiendo la reacción 9.



#### 14.1.2.2 Propiedades químicas y reactividad

Es un compuesto estable químicamente bajo condiciones normales, a temperatura ambiental. Es un oxidante enérgico, y presenta riesgo de explosión con numerosas sustancias, entre ellas: acetona, alcoholes, aminas, hidrocarburos halogenados, metanol, gasolina. Entre las otras reacciones peligrosas en las que interviene destaca el peligro de ignición y formación de gases combustibles con aminas, amoníaco o aldehídos entre otros, y peligro de reacción violenta con compuestos como el óxido de hierro, el hipoclorito sódico o el hidróxido sódico.

Entre los materiales incompatibles con el ácido nítrico se encuentran la celulosa y los metales, con los que al entrar en contacto puede formar gases nitrosos e hidrógeno. (Thiemann, y otros, 2005)

#### 14.1.2.3 Usos

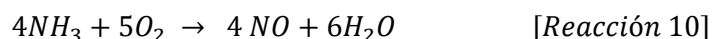
El principal uso del ácido nítrico es como materia prima en la manufactura de fertilizantes nitrogenados. Se emplean grandes cantidades de ácido, que se hacen reaccionar con amoníaco para generar nitrato amónico. Cerca del 80% del ácido producido se emplea en este sector.

Entre sus otros usos destaca que es empleado como agente nitrante en la preparación de explosivos y en la de productos orgánicos intermedios como nitroaromáticos. Por último, es empleado también en la metalurgia y en la producción de combustibles especiales. (Thiemann, y otros, 2005)

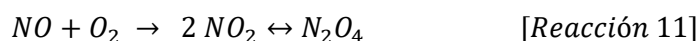
#### 14.1.2.4 Obtención

Los tres pasos fundamentales del proceso desarrollado por Ostwald son: (Thiemann, y otros, 2005)

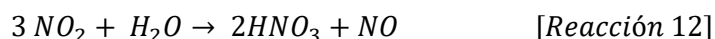
1. Oxidación catalítica del amoníaco con oxígeno atmosférico.



2. Oxidación del monóxido de nitrógeno.



3. Absorción de los óxidos de nitrógeno en agua.



#### 14.1.2.5 Mercado

El ácido nítrico es uno de los productos químicos que presenta un mayor mercado a nivel mundial. El consumo de ácido nítrico presenta una tendencia al aumento desde comienzos del siglo XXI, presentando crecimientos anuales positivos hasta el 2016.

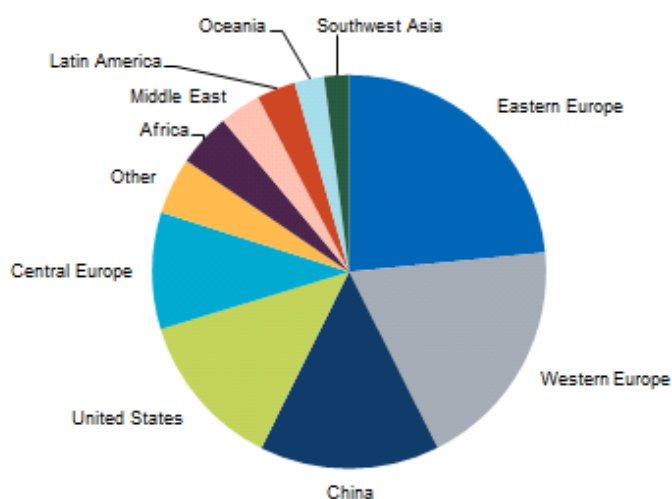


El principal mercado del ácido nítrico es la manufactura de nitrato amónico (NA) y de nitrato amónico cálcico (NAC), con casi el 77% del consumo total en el año 2016. Se espera que en no mucho tiempo este mercado comience a descender debido a los riesgos ambientales que presenta el uso de fertilizantes nitrogenados y a las leyes de regulación de la contaminación y seguridad.

El 20% del consumo restante se reparte entre las aplicaciones industriales del ácido nítrico, destacando principalmente la manufactura de nitrobenzeno, ácido adípico y diisocianato de tolueno, representando un 12,5% de la demanda global en 2016.

Otros fines importantes para los que se emplea el ácido nítrico son los explosivos, cuyos usos están en continuo crecimiento, aunque siempre bajo un estricto control por parte de las autoridades competentes.

En la Figura 37 se muestra el consumo mundial por regiones del ácido nítrico en el año 2016.



*Figura 37 Consumo mundial del ácido nítrico por regiones*

Como se puede observar en la Figura 37, los países que presentan un mayor consumo de ácido nítrico son China y los Estados Unidos, seguidos por los países europeos, y entre ellos se reparten el 80% del suministro y la demanda de este compuesto. Entre las empresas más destacadas se encuentran Yara (con un 9% de la producción global) y CF Industries. (IHS Markit, 2017)

#### 14.1.2.6 Almacenamiento y transporte

De manera general, el ácido nítrico es almacenado en tanques de acero inoxidable y transportado en contenedores del mismo material.

Si el transporte es realizado por carretera mediante cisternas, por vías ferroviarias o por mar, el contenedor debe cumplir siempre la regulación nacional de transporte de materiales peligrosos, y en caso de ser transporte internacional, cumplir la reglamentación internacional, como puede ser el acuerdo europeo para el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera o el código marítimo internacional de mercancías peligrosas.

Dependiendo del medio escogido para el transporte del ácido nítrico, si su concentración es igual o mayor al 70%, como se va a suponer este caso, la clasificación se muestra en la Tabla 15

*Tabla 15 Clasificación del ácido nítrico según el tipo de transporte*

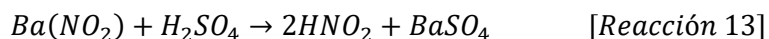
Ácido nítrico >70%	IMGD transporte marítimo	Transporte por rail	Transporte por carretera
<b>Clasificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UN 2031</li> <li>- Clase 8</li> <li>- Grupo de almacenamiento 1.</li> <li>- Categoría de estiba D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marginal 801</li> <li>- Número de identificación 2031</li> <li>- Clase 8,2 a) 1</li> <li>- DI nº 88</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marginal 2801</li> <li>- Número de identificación 2031</li> <li>- Clase 8,2 a) 1</li> <li>- DI nº 88</li> </ul>

Para el transporte por carretera, uno de los más comunes en plantas industriales, se recomienda que los tanques o cisternas no posean aberturas o válvulas por debajo del nivel del líquido, aunque en ocasiones son necesarias o convenientes para la descarga por gravedad. En caso de poseerlas, se debe aumentar la revisión y el mantenimiento de estas. (Fertilizers Europe, 2014)

#### 14.1.3 Ácido nitroso

El ácido nitroso es un ácido que varía entre moderadamente fuerte y débil. Su constante de disociación altamente diluido y a 18°C es de  $4,5 \cdot 10^{-4}$ . El ácido es estable solo en disoluciones acuosas a baja temperatura. (Thiemann, y otros, 2005)

Se puede preparar mediante la reacción 13, por calentamiento en presencia de arena, u otros objetos punzantes como vidrio:



Se asume que el ácido nitroso en agua se encuentra en equilibrio químico con su anhídrido:



#### 14.1.4 Sales de nitrógeno

Son compuestos de oxígeno con nitrógeno considerados una clase en sí, en muchos casos denominados como  $\text{NO}_x$ . Los óxidos de nitrógeno más estudiados son:

el monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ), el monóxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el dióxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_2$ ) y el trióxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ), que forman un equilibrio químico mostrado en la Figura 38, y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el tetraóxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) y el pentóxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ), que forman otro equilibrio mostrado en la Figura 39. (Thiemann, y otros, 2005)

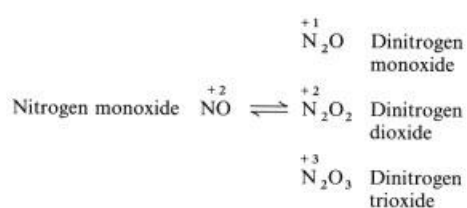


Figura 38 Equilibrios del monóxido de nitrógeno

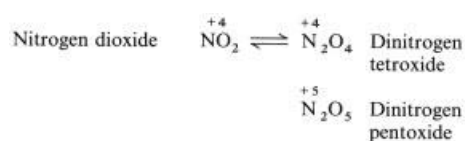


Figura 39 Equilibrios del dióxido de nitrógeno

Las propiedades de los óxidos de nitrógeno que participan en el proceso de producción de paracetamol se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Propiedades físicas de los óxidos de nitrógeno en el proceso del paracetamol

Propiedad	NO	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Temperatura crítica, °C	-93	157,85	-
Presión crítica MPa	6,485	10,132	-
Punto de fusión, °C	-163,65	-11,2	-100,7
Punto de ebullición, °C	-151,77	21,15	-40 hasta +3
Calor específico, kJ/kgK	0,996	1,326	0,862
Entalpía de formación estándar, kJ/kg	3007,684	721,199	1101,435
Calor de vaporización a la temperatura de ebullición kJ/kg	459,031	414,257	517,416

<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Gas Líquido</b>	1,3402	3,4 (20°C) 1446,8	1,447 (2°C)
--	------------------------	--------	----------------------	-------------

---

#### 14.1.4.1 Monóxido de nitrógeno

El monóxido de nitrógeno, también conocido como óxido nítrico, es un gas incoloro, tóxico y no inflamable a temperatura ambiente. Al entrar en contacto con el oxígeno atmosférico, es oxidado a dióxido de nitrógeno, un vapor con coloración marrón.

Se encuentra en equilibrio dinámico con su dímero, aunque a alta temperatura el equilibrio se encuentra totalmente desplazado hacia el monóxido de nitrógeno.



Es un compuesto altamente reactivo y puede ser preparado a partir de nitrógeno y oxígeno en un arco eléctrico, mediante la reacción 16.



Uno de los usos principales del monóxido de nitrógeno es la reacción de nitrosación. (Thiemann, y otros, 2005)

#### 14.1.4.2 Tetraóxido de dinitrógeno

El tetraóxido de dinitrógeno, también llamado peróxido de nitrógeno, es el dímero del dióxido de nitrógeno, un gas de color rojizo, tóxico y de olor punzante, y ambos se encuentran en equilibrio:



Es un equilibrio que depende de la temperatura fuertemente, estando desplazado totalmente hacia el dióxido de nitrógeno a alta temperatura.

La producción industrial de dióxido de nitrógeno emplea el método Ostwald (combustión catalítica de amoníaco) y es el paso inicial en la producción de ácido nítrico.

Tanto el dióxido de nitrógeno como el tetraóxido de dinitrógeno son oxidantes fuertes, siendo su fuerza comparable con la del Bromo elemental. De esta propiedad proceden la mayor parte de los usos industriales de esta sustancia, entre los que se encuentran su uso como catalizador en reacciones de oxidación, inhibidor en la destilación de acrilatos y en la manufactura de los explosivos es empleado como propulsor. (Thiemann, y otros, 2005)

#### 14.1.4.3 Trióxido de dinitrógeno

El trióxido de dinitrógeno, también llamado anhídrido nitroso, es estable sólo a temperaturas bajo los 0°C, adquiriendo la forma de líquido de color azul. Si es enfriado, cristaliza en forma de cristales azules.

Incluso bajo los 0°C, sufre disociación en gran medida:



El trióxido de dinitrógeno se emplea principalmente en reacciones de oxidación, y en sistemas de potencia especiales. (Thiemann, y otros, 2005)

#### 14.1.5 Ácido sulfúrico 98%

La industria del ácido sulfúrico es una de las más importantes en el sector químico, debido a la gran cantidad de usos que presenta este producto. El más importante de estos es la manufactura de fertilizantes fosfatados, seguido por otras aplicaciones en el refinado del petróleo, la extracción de metales no ferrosos, o en detergentes, plásticos y fibras. A su vez, muchas de las áreas especializadas de la industria química emplean cantidades importantes de ácido sulfúrico como la industria de tintes o la farmacéutica. (Müller, 2005)

##### 14.1.5.1 Propiedades físicas

El ácido sulfúrico puro es un líquido incoloro, claro, inodoro y ligeramente viscoso. Las propiedades del ácido sulfúrico 98% se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17 Propiedades físicas del ácido sulfúrico

Propiedad	Valor
Peso molecular g/mol	98,08
Punto de fusión, °C	-20
Punto de ebullición, °C	Aprox. 335
pH	0,3 a 25°C
Densidad g/cm <sup>3</sup> a 20°C	1,84
Viscosidad dinámica mPA·s	24
Solubilidad en agua	a 20°C soluble (con desprendimiento de calor)

Las disoluciones acuosas de ácido sulfúrico se caracterizan por su contenido en peso en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. En función de la concentración en ácido sulfúrico y en SO<sub>3</sub> de la disolución, las propiedades físicas varían ampliamente. (Müller, 2005)

#### 14.1.5.2 Propiedades químicas y reactividad

En cuanto al perfil químico del ácido sulfúrico, destacar en primer lugar que se trata de un ácido fuerte con propiedades higroscópicas y oxidantes. El efecto deshidratante en el ácido sulfúrico concentrado se debe a la formación de hidratos. Es muy estable tanto térmicamente como químicamente. Sólo se descompone a muy altas temperaturas, siguiendo la Reacción 20.



Una propiedad importante del ácido sulfúrico es la capacidad de descomponer las sales de otros ácidos, procesos en muchos casos de gran importancia industrial como en la producción de sulfato de sodio y cloruro de hidrógeno.

En las reacciones con materia orgánica prevalecen las propiedades higroscópica y oxidante. Por ejemplo, los carbohidratos son descompuestos hasta el punto de carbonizarlos. Las reacciones de condensación orgánica, en las que el agua es eliminada, son provocadas por el ácido sulfúrico, y este es su uso principal en muchas de las aplicaciones industriales. (Müller, 2005)

#### 14.1.5.3 Obtención

Ya en la edad media el ácido sulfúrico era obtenido en pequeñas cantidades en tarros de cristal donde el azufre era quemado con salitre en un ambiente húmedo. El primer acercamiento a su producción a nivel industrial se produjo en el año 1746 con la creación de la cámara de plomo.

Actualmente, el ácido sulfúrico es producido a partir del dióxido de azufre. La materia principal en el proceso es el azufre elemental, aunque en muchos casos se produce gran cantidad de dióxido de azufre en procesos como la industria de metales no ferrosos, o la fundición, lo que permite emplear los gases generados directamente para la síntesis de ácido sulfúrico como subproducto. En muchos casos, esto presenta una gran importancia a nivel medioambiental, puesto que en plantas metalúrgicas permite recuperar el  $\text{SO}_2$  y reducir las emisiones contaminantes. Como dato interesante, destacar que teóricamente está demostrado que se podría suplir toda la demanda de ácido sulfúrico mundial partiendo únicamente de los gases de combustión de plantas de producción y energéticas que emplean combustibles fósiles o carbón.

El ácido sulfúrico actualmente es principalmente producido por la vía del proceso de contacto. Es un proceso empleado durante muchos años, que en la década de 1960 sufrió unas modificaciones en el proceso de conversión y absorción para mejorar la comercialización, y actualmente existen plantas cuya eficiencia es mayor al 99,8%. (Müller, 2005)

#### 14.1.5.4 Usos

El ácido sulfúrico es uno de los ácidos con más aplicaciones a nivel industrial. Aun así, muchos de sus usos son considerados indirectos, debido a su función como reactivo que como materia prima. Destaca que raramente aparece en el producto final, y suele terminar como residuo ácido o como residuos sulfatados.

Entre las industrias que emplean el ácido sulfúrico como un reactivo destaca la manufactura de fertilizantes. La mayor parte del ácido sulfúrico interviene en la producción de ácido fosfórico, materia prima para la producción de fertilizantes como el fosfato diamónico o el sulfato amónico. Casi el 60% del consumo de ácido sulfúrico proviene de esta industria. Entre otros usos como reactivo destacan el proceso de la pulpa de papel, o el procesado de metales.

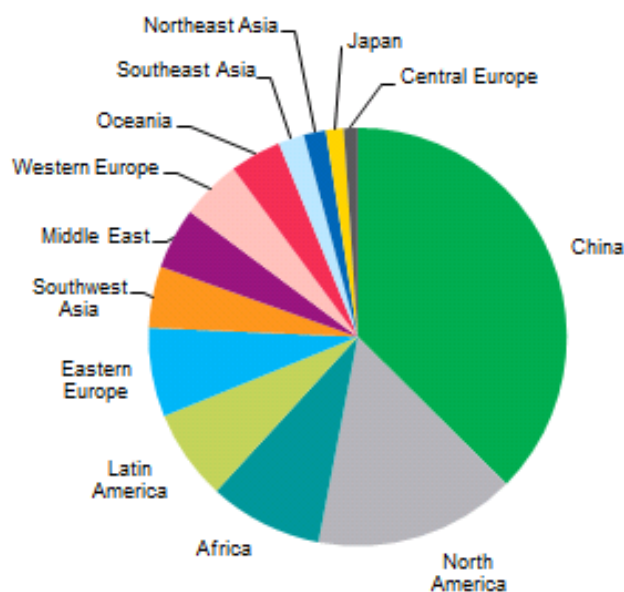
Sus usos directos son más reducidos. El ácido sulfúrico es en ocasiones empleado directamente en la agricultura para acondicionar terrenos extremadamente básicos, como los de regiones desérticas de los Estados Unidos. La principal aplicación en la que el azufre se encuentra en el producto final es la sulfonación orgánica, principalmente en la producción de detergentes, aunque también empleada en la producción de químicos orgánicos y productos farmacéuticos. (Müller, 2005)

#### 14.1.5.5 Mercado

El ácido sulfúrico es uno de los compuestos químicos más producidos a nivel mundial, siendo su principal destino la manufactura de fertilizantes, especialmente los fosfatados, interviniendo en el proceso del ácido fosfórico. Se tienen expectativas de crecimiento en esta industria hasta el año 2022, que actualmente representa el 60% del consumo global. Por otra parte,

17% del ácido producido es consumido en más de 20 procesos químicos, en multitud de aplicaciones técnicas.

El consumo por regiones se muestra en la Figura 40. Y en ella se puede apreciar que China y Norteamérica ocupan más del 50% del consumo mundial. Se espera que esta industria crezca un 2% anualmente hasta el año 2022, gracias a la creciente demanda de fertilizantes fosfatados y la creciente producción de biocombustibles. China es actualmente el mayor mercado, con un 37% del consumo global de ácido sulfúrico en el 2017, seguido por Norteamérica con un 16%. (IHS Markit, 2017)



*Figura 40 Consumo global de ácido sulfúrico por regiones en el año 2017*

Hoy en día el sector con mayor crecimiento dentro de la producción de ácido sulfúrico es el de regeneración de ácido sulfúrico a partir los óxidos de azufre generados en la industria, en parte fomentado por la legislación medioambiental. (IHS Markit, 2017)

Por otra parte, según datos del año 1992, España producía cerca de 2.500.000 toneladas de ácido sulfúrico, y consumía cerca de 2.200.000 toneladas. (Müller, 2005)

#### 14.1.5.6 Almacenamiento

De manera habitual en la industria, los tanques de ácido sulfúrico se sobredimensionan en un 50% de la cantidad de almacenamiento necesaria. Es necesario que el nivel del tanque no supere el 90% de la capacidad máxima para ácidos.

Los tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico son normalmente fabricados con acero inoxidable. La corrosión de este por parte del ácido sulfúrico desemboca en la formación de hidrógeno y de sulfato de hierro, que se deposita en el fondo del tanque. Es por ello que, en ocasiones, se recubre el interior del tanque con resinas fenólicas o se protege anódicamente. Se



suele emplear acero AISI-316 cuando se desea evitar la contaminación por hierro, pero si existen largos periodos de almacenamiento pueden generarse niveles elevados de cromo y níquel.

Los tanques deben situarse de manera que los camiones cisterna que transportan el ácido tengan libre acceso para la carga de este. Si es posible, es preferible que los tanques estén ligeramente elevados, para su proceder a su descarga por gravedad, y no emplear una bomba adecuada para el trabajo con ácido, cuyos costes de construcción y mantenimiento son elevados. (ccc-chemicals, 2002)

#### **14.1.6 Hidrógeno**

Es un gas incoloro, inodoro e insípido a temperatura ambiente. Es el elemento más ligero que existe, y es altamente inflamable. Es el elemento químico más abundante y puede formar compuestos con la mayoría de los elementos químicos. Aparece en el agua y en gran parte de los compuestos orgánicos. (Häussinger, y otros, 2000)

##### **14.1.6.1 Propiedades físicas**

Tabla 18 Propiedades físicas del hidrógeno

Propiedad	Valor
Masa molar, g/mol	2,016
Temperatura de fusión, °C	-259,0
Temperatura ebullición, °C	-252,76
Temperatura autoignición, °C	570
Energía de disociación, KJ/mol	431,6
Densidad como líquido, kg/m <sup>3</sup> (en el punto de ebullición)	70,811
Densidad como gas, kg/m <sup>3</sup> (en condiciones estándar)	0,084
Presión crítica, MPa	1,31
Calor de vaporización (25 K), J/mol	825
Temperatura crítica, °C	-240,17

#### 14.1.6.2 Especificaciones comerciales

El contenido en hidrógeno del H<sub>2</sub> obtenido a partir de hidrocarburos es de entre un 97% y un 99,5% en volumen. Las impurezas presentes son principalmente metano y nitrógeno, así como trazas de oxígeno, dióxido de carbono y amoníaco o sulfuro de hidrógeno en menor medida. El hidrógeno obtenido por medio de electrólisis presenta mayor pureza, de más de un 99,9% en volumen.

Las impurezas pueden ser retiradas por medio de combustión catalítica (oxígeno), sistemas de secado (agua) o sistemas de adsorción y difusión. (Häussinger, y otros, 2000)

La composición del hidrógeno comercial se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19 Composición de las alternativas comerciales del hidrógeno

Pureza, vol%	Hidrógeno “puro”		Hidrógeno líquido
	99,5	99,9996	99,9999
O <sub>2</sub>	≤50	≤1	≤0,2
N <sub>2</sub>	≤500	≤2	≤0,2
H <sub>2</sub> O	≤100	≤1	≤0,5
CO			≤0,1
CO <sub>2</sub>			≤0,1
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>		≤0,1	≤0,1

#### 14.1.6.3 Obtención

La primera producción de hidrógeno y oxígeno por el método de la electrólisis se produjo en el año 1800, mientras que la primera instalación industrial de este tipo tardó 100 años en crearse.

Actualmente, los hidrocarburos son la principal fuente de obtención de hidrógeno a escala industrial, aunque la fuente más grande es el agua (y considerada fuente ilimitada, puesto que cuando se usa el hidrógeno como combustible se genera agua de nuevo, formando un ciclo). Normalmente, cuando se produce en la propia planta industrial su coste ronda los 0,70 \$ el kilogramo. (Häussinger, y otros, 2000)

La mayor parte del hidrógeno producido para fines industriales se obtiene del gas natural y el petróleo (96% del total, con el gas natural a la cabeza con un 49%), bien como producto principal o como subproducto. Un pequeño porcentaje (el 4%) es obtenido electrolíticamente o como subproducto de procesos electroquímicos. (IHS Markit, 2015)

Por ejemplo, en China, el reformado con vapor de carbón y gas natural son los métodos principales para la producción en gran escala.

En las refinerías existen procesos que representan tanto un gran consumo de hidrógeno, como una fuente potencial de producción de hidrógeno, como el cocking, el visbreaking o el reformado catalítico. (Häussinger, y otros, 2000)

#### 14.1.6.4 Usos

El mercado de amoníaco está en auge, especialmente en los Estados Unidos, gracias en parte a la caída de precios del gas natural. Por otra parte, el metanol está experimentando un gran

crecimiento en su producción y en la demanda de destilados. Por último, las refinerías representan una gran fuente de consumo de hidrógeno, en especial cuando entran en vigor leyes que obligan a la desulfuración de gasoil y gasolina.

Por ejemplo, en China, el 93% del consumo de hidrógeno en el año 2014 fue destinado principalmente a la manufactura de metanol, amoníaco y al refinado del petróleo.

Existen otros mercados importantes, pero más minoritarios, como el procesado de arenas de petróleo o la gasificación de carbón, que se espera que crezcan significativamente en los próximos años. (IHS Markit, 2015)

#### 14.1.6.5 Mercado

Es habitual que los productores de hidrógeno lo vendan a los usuarios finales, pero a su vez es posible que los vendan a una compañía especializada en la distribución y comercialización de este, o que lo quemen como combustible. Los consumidores, a su vez, pueden comprar el hidrógeno a una compañía de gas industrial, o generarlo internamente en su planta de producción industrial mediante una planta de generación de hidrógeno.

El mercado del hidrógeno crece impulsado por las regulaciones que están sufriendo los combustibles, relacionadas con la desulfuración. Además, la pérdida de calidad del crudo hace necesario emplear más cantidad de hidrógeno en el procesamiento de este. Sin embargo, al trabajar crudo de menor calidad, el hidrógeno obtenido de este es mucho menor.

El consumo mundial del hidrógeno en 2014 por regiones se muestra en la Figura 41.

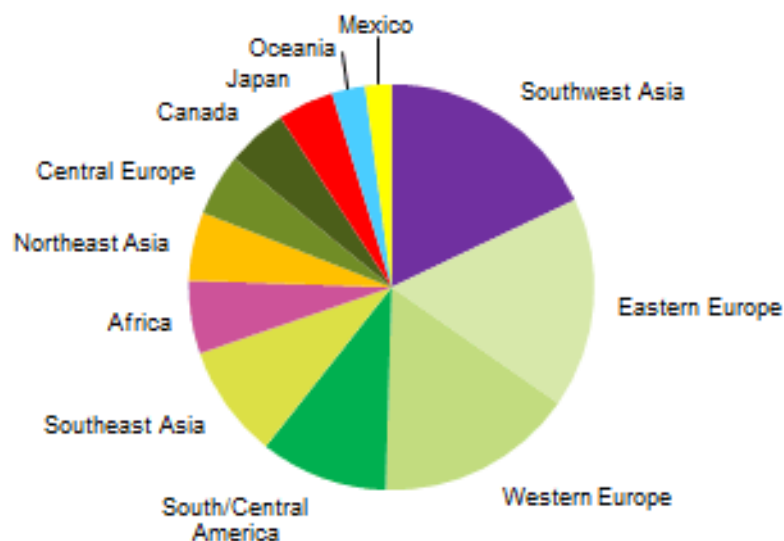


Figura 41 Consumo mundial de hidrógeno por regiones en el año 2014

Se esperan tasas de crecimiento elevadas en China debido a la entrada en vigor de legislación sobre la contaminación atmosférica urbana, que se centra en reducir las emisiones por

medio de la regulación de la desulfuración de los combustibles. De esta situación salen como beneficiados Rusia y la India, ambos planeando aumentar la producción de combustibles con bajos niveles de azufre para la exportación, por lo que cabe esperar un aumento en el consumo de hidrógeno en estos países.

El mercado en Europa Occidental y en Japón se encuentra estancado, y se espera que en América del norte crezca el consumo de hidrógeno debido a la abundancia de materias primas del petróleo y a las tecnologías avanzadas instaladas en ese país.

En China se están construyendo actualmente grandes plantas industriales de producción de hidrógeno para suplir la demanda del mercado doméstico. En 2014 se puso en marcha una planta perteneciente al grupo Sinopecs Maoming Company, con una producción de 4,8 millones de metros cúbicos por día.

Se espera que la demanda en los próximos 5 años aumente en torno a un 5% o un 6%, como resultado principalmente de su uso en las operaciones de refinado de petróleo y la producción de amoníaco y metanol. (IHS Markit, 2015)

#### 14.1.6.6 Transporte y distribución

Los principales consumidores de hidrógeno (manufactura de amoníaco, refinado de petróleo, etc.) es habitual que produzcan hidrógeno en la propia planta. Los consumidores en pequeña o mediana escala pueden, sin embargo, ser abastecidos con hidrógeno tanto líquido como gaseoso.

En muchos casos existen redes de transporte de hidrógeno regionales, bien por camiones cisterna o buques, por ejemplo. Se espera que en un futuro no muy lejano exista una red de tuberías entre regiones para el transporte de hidrógeno líquido.

Existe actualmente la posibilidad de transportar hidrógeno en pequeñas cantidades en bidones de aluminio y cilindros de acero de diferentes capacidades, hasta los 70 litros, con el gas a una presión de 20 MPa. Para mayores cantidades de hidrógeno, se necesitan haces de cilindros o contenedores a presión de gran tamaño, pudiendo ser transportados por carretera o ferrocarril. Hoy en día se pueden encontrar equipos de este tipo de capacidades superiores a los 4000 m<sup>3</sup> de hidrógeno. Para llevar al gas a esa presión se emplean compresores de pistón lubricados con aceite, y adsorbentes para garantizar la pureza del producto.

De todos los tipos de transporte, desde el punto de vista económico el más ventajoso es la distribución por medio de tuberías. El transporte como un líquido por carretera o rail es 5 veces más caro, y el empleo de cilindro a presión es hasta 50 veces más caro, incluyendo el coste del equipo. (Häussinger, y otros, 2000)

## 14.1.6.7 Almacenamiento

Los métodos tradicionales de almacenamiento de hidrógeno están ampliamente diseñados y probados. Se puede almacenar tanto en fase gas como líquido, y dependiendo de su uso final (comercialización o uso a pequeña escala) existen diferentes tipos de equipos. En la Tabla 20 se muestran los principales parámetros de distintos tipos de almacenamiento de hidrógeno, completamente desarrollados y de uso comercial. (Häussinger, y otros, 2000)

*Tabla 20 Condiciones para diferentes tipos de almacenamiento comercial de hidrógeno*

<b>Propiedad</b>	<b>Almacenamiento de hidrógeno comprimido</b>			<b>Almacenamiento líquido</b>	
	<b>Bajo tierra</b>	<b>Baja Presión</b>	<b>Alta Presión</b>	<b>Gran capacidad</b>	<b>Baja capacidad</b>
<b>Temperatura de operación</b>	ambiente	ambiente	ambiente	21 K	21 K
<b>Presión de operación, MPa</b>	10	1,2	15	0,15	0,15
<b>Aplicación</b>	Almacenamiento estacional	Capacidad media	Uso a corto plazo	Largo plazo y gran capacidad	Baja capacidad
<b>Principales inconvenientes</b>	Disponibilidad, pérdidas por difusión	seguridad	Costes y transferencia de energía	seguridad	Pérdidas por evaporación, seguridad

Centrándose en el almacenamiento líquido, la técnica de almacenamiento está perfectamente desarrollada, empleando tanques aislados con una doble pared, y el espacio interno entre ambas es relleno con perlita. La tasa de pérdida por evaporación disminuye al aumentar el tamaño del recipiente. Las pérdidas se cuantifican por el hidrógeno perdido por día. Los tanques pueden alcanzar desde los 100 litros de capacidad hasta los 5000 m<sup>3</sup>.

El material de estos es habitualmente metálico, siendo los materiales resistentes al hidrógeno:

- Acero al carbono hasta los 90 MPa de presión y acero inoxidable austenítico para presiones más altas, siempre a temperaturas menores de los 200°C.
- A presiones altas y más de 200°C se pueden emplear metales como cromo, molibdeno, tungsteno, vanadio o titanio, y en caso de emplear acero inoxidable se debe comprobar que sus propiedades son aceptables.

- Cobre y sus aleaciones hasta los 400°C.
- Níquel hasta los 250°C.
- Monel hasta los 250°C.
- Inconel hasta los 250°C.
- Si el almacenamiento es líquido, los materiales más comunes son el aluminio debido a su menor precio o el acero austenítico de la serie 300. A temperaturas bajas las propiedades corrosivas del hidrógeno no tienen lugar, por lo que la gama de materiales a emplear es más amplia. (Häussinger, y otros, 2000)

#### **14.1.7 Anhídrido acético**

El anhídrido acético fue preparado por primera vez en el año 1852 mediante la reacción de cloruro de benzoílo con acetato potásico líquido. Hoy en día se ha convertido en uno de los productos orgánicos intermedios más importantes de la industria química y el ámbito de la investigación.

##### **14.1.7.1 Propiedades físicas**

El anhídrido acético es un líquido incoloro de olor acre y fuertemente lacrimógeno.

Tabla 21 Propiedades físicas del anhídrido acético

Propiedad	Valor
Peso molecular, g/mol	102,09
Temperatura de fusión, °C	-73,1
Temperatura de ebullición, °C a 101,3 KPa	139,5
Presión crítica, kPa	4680
Temperatura crítica, °C	296
Punto de inflamación, °C	49
pH, a 10 g/l y 20°C	3
Densidad, g/cm <sup>3</sup> a 20°C	1,08
Solubilidad en agua, a 20°C	Hidrólisis y peligro de reacción relativa
Viscosidad dinámica, mPa.s a 20°C	0,91
Capacidad calorífica específica, J/g	1,817
Calor de vaporización, J/g a 137°C	276,7
Calor de combustión, a 25°C y V cte	1804,5 kJ/mol

#### 14.1.7.2 Especificaciones comerciales

Habitualmente, el anhídrido acético se comercializa con una pureza superior al 95%, en la mayoría de los casos superior al 98%. El número de unidades de color APHA máximas son 10, y la parte no volátil no debe exceder el 0,003%. Su contenido en fosfatos, sulfatos, cloruros, aluminio y hierro no debe exceder 1 ppm para cada uno de ellos, y no debe haber presencia de metales pesados en la disolución.

#### 14.1.7.3 Propiedades químicas y reactividad

El anhídrido acético es un compuesto que es sensible a la humedad, y sus mezclas vapor/agua son explosivas ante un calentamiento intenso.

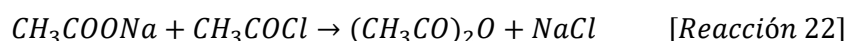
Presenta riesgo de explosión con compuestos como el etanol, agentes oxidantes fuertes o ácido nítrico; reacciona exotérmicamente con amoníaco, nitratos y ácido acético y se pueden dar reacciones violentas con el agua.

Los materiales de construcción incompatibles con el anhídrido acético son el hierro y el cobre.

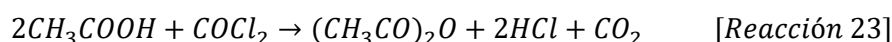


## 14.1.7.4 Obtención

El proceso más antiguo de producción de anhídrido acético se basaba en la conversión de acetato de sodio con un exceso de cloruro inorgánico (cloruro de tionilo, por ejemplo). En el proceso, la mitad del acetato sódico es convertido en cloruro de etanoilo, que reacciona con el acetato sódico restante para formar el anhídrido acético.

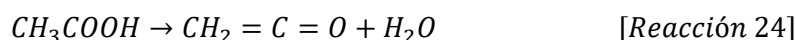


Más adelante se desarrolló el proceso de conversión de ácido acético con fosgeno en presencia de cloruro de aluminio, lo que permitía la operación en continuo.

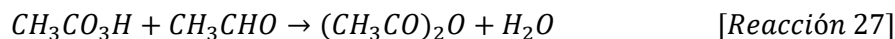


Hoy en día, el anhídrido acético se sintetiza mayoritariamente por el proceso de la acetona, o bien mediante la oxidación de acetaldehído.

En el proceso de la acetona se destacan dos reacciones principales, la escisión de la acetona en ácido acético, mostrado en la reacción 24, y la reacción de acetona con el ácido acético, mostrado en la reacción 25.



Por otra parte, el segundo proceso consiste en la obtención de anhídrido acético a partir de la oxidación del acetaldehído. En la reacción de acetaldehído con oxígeno se forma ácido peracético, que reacciona bajo unas condiciones determinadas con otra molécula de acetaldehído para formar anhídrido acético y agua, como se muestra en las reacciones 26 y 27.



Es importante retirar rápidamente el agua, y emplear un catalizador adecuado. La reacción se lleva a cabo a temperaturas entre los 40°C y los 60°C, y se obtienen siempre mezclas de ácido acético con anhídrido acético como productos.

## 14.1.7.5 Usos

El anhídrido acético es un agente químico que participa en multitud de reacciones, por ello es el ácido carboxílico alifático anhídrido más ampliamente estudiado. Es empleado en la acetilación de grupos OH o NH, o como agente deshidratante. Se emplea a gran escala en la acetilación de la celulosa, con el 61% del consumo global de anhídrido acético en el año 2016

siendo destinado a la producción de acetato de celulosa. Por otra parte, un 10% del consumo global de este compuesto en el año 2016 fue destinado a la industria farmacéutica, cuya producción está en aumento en regiones como la India y China. (IHS Markit, 2016)

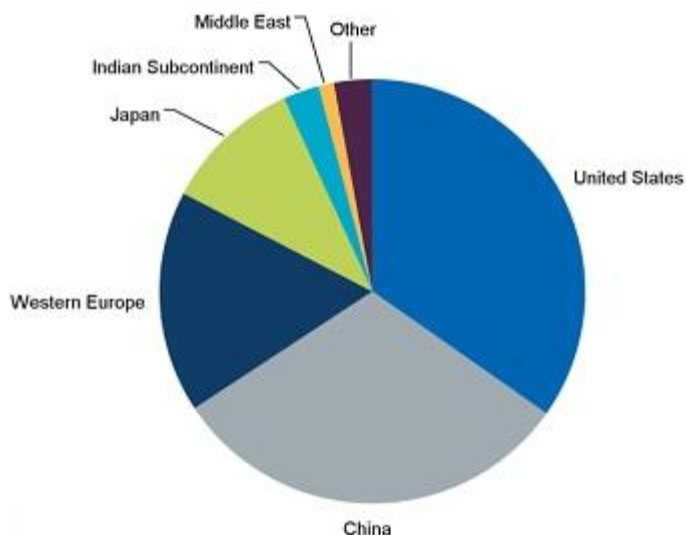
Otras aplicaciones del anhídrido acético se muestran a continuación:

- Auxiliares acetilados en la industria de los plásticos, como la glicerina triacetato.
- Explosivos, en la síntesis de hexógeno.
- La manufactura de ciertos tipos de líquidos de freno.
- En la industria de los detergentes, en la producción de tetraacetiletilenodiamina y otros activadores de blanqueado.
- Actúa como agente de nitración en mezclas con ácido nítrico en la industria de tintes.
- Importante en la industria farmacéutica para la síntesis de ácido acetilsalicílico, sulfonamidas o vitaminas y hormonas.
- En la industria alimentaria participa en la acetilación de grasas animales y vegetales.

#### 14.1.7.6 Mercado

El mercado global de anhídrido acético es impulsado principalmente por la industria del acetato de celulosa (a su vez impulsada por sus aplicaciones en el filtro de los cigarrillos). Debido al receso sufrido por el mercado de los cigarrillos en los Estados Unidos y Europa por la irrupción de los cigarrillos electrónicos, la demanda de anhídrido acético sufre un retroceso actualmente.

En la Figura 42 muestra el consumo por regiones del anhídrido acético en el año 2016.



*Figura 42 Consumo del anhídrido acético por regiones en el año 2016*

China es actualmente el mercado principal para este compuesto, y prácticamente puede autoabastecerse, disminuyendo en gran medida sus importaciones en los últimos años. Es la única región que presenta un crecimiento anual significativo, con un 3,4% hasta el año 2021, puesto que las industrias secundarias que emplean el anhídrido acético como materia prima están en pleno desarrollo (tintes, fragancias, etc.).

En 2016, el mayor importador de anhídrido acético fue Europa occidental, acumulando un 75% de las importaciones mundiales. El consumo en esta región se prevé que aumente un 1% anual hasta el año 2021.

En términos globales, se espera que el mercado de anhídrido acético tenga una tasa de crecimiento anual de 1,4% desde el 2016 hasta el 2021. (IHS Markit, 2016)

Su precio en el año 2006 era de 779 €/t, según el Índice de precios de ICIS. (ICIS, 2006)

#### 14.1.7.7 Almacenamiento y transporte

Para el transporte y almacenamiento de anhídrido acético puro, se emplean habitualmente recipientes de aluminio, acero inoxidable (18% Cromo, 8% níquel y 2% molibdeno) o polietileno.

El hierro se puede emplear en ciertos equipos como las bombas u otros elementos que participan en las diferentes etapas de producción.

#### 14.1.8 Nitrógeno

El nitrógeno fue descubierto en el año 1770 de manera simultánea e independiente por Scheele y Priestley, como un constituyente del aire que no interviene en la respiración ni en la combustión. Comenzó recibiendo el nombre de ázoe, y no recibió el nombre de nitrógeno hasta que el ácido nítrico fue reconocido como un compuesto.

Hasta comienzos del siglo XX no se comenzó a emplear a gran escala el nitrógeno atmosférico, específicamente en la producción de nitrato cálcico y amoníaco. (Häussinger, y otros, 2005)

#### 14.1.8.1 Propiedades físicas

A temperatura y presión atmosféricas, el nitrógeno es un gas incoloro, inodoro e incombustible. Condensa en un líquido incoloro a  $-195,8^{\circ}\text{C}$  y forma un sólido blanco a  $-209,86^{\circ}\text{C}$ .

Es diamagnético en todos sus estados. Otras propiedades físicas de relevancia se muestran en la Tabla 24. (Häussinger, y otros, 2000)

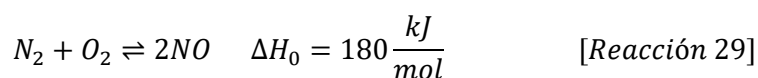
Tabla 22 Propiedades físicas del nitrógeno

Propiedad	Valor
<b>Peso molecular</b>	28,0134
<b>Temperatura de ebullición, K a 101,3 kPa</b>	77,35
<b>Temperatura crítica, K</b>	126,2
<b>Presión crítica, MPa</b>	3,399
<b>Densidad crítica, g/l</b>	314,03
<b>Densidad relativa, g/l (aire=1) a 0°C 101,3 kPa</b>	1,2505
<b>Capacidad calorífica específica, J/gK a 0°C 101,3 kPa</b>	1,039
<b>Viscosidad dinámica, Pa·s a 0°C 101,3 kPa</b>	$15,9 \cdot 10^{-6}$

#### 14.1.8.2 Propiedades químicas y reactividad

El nitrógeno reacciona con el litio a temperatura ambiente y con calcio y magnesio a temperaturas elevadas para formar nitruros. Otros compuestos como aluminio o cromo necesitan estar al rojo vivo para llevar a cabo estas mismas reacciones.

Las reacciones más importantes del nitrógeno con compuestos no metálicos son con el hidrógeno para formar amoníaco, y con el oxígeno, dando lugar a monóxido de nitrógeno en una reacción endotérmica, como se muestra en la reacción 29.



El monóxido de nitrógeno es un compuesto muy importante para la producción de ácido nítrico. El nitrógeno aparece además en numerosas formas en la química orgánica, como aminas, amidas o nitrilos.

En cuanto a la molécula de nitrógeno, o dinitrógeno, puede fijarse biológicamente a microorganismos. Pero es una molécula altamente inerte, al contrario del nitrógeno atómico. (Häussinger, y otros, 2005)

#### 14.1.8.3 Obtención

El nitrógeno es obtenido del aire atmosférico, cuyo contenido en este compuesto es de un 78% en volumen, parcialmente dissociado en nitrógeno atómico a grandes altitudes debido a la radiación ultravioleta, en contraste con sólo el 0,03% en peso que contiene la corteza terrestre.

Los procesos empleados para separar el nitrógeno del aire se clasifican como procesos criogénicos, de adsorción o separación mediante membranas; y el empleo de cada uno depende de las necesidades del proceso al que va a ser aplicado.

La separación criogénica permite que el nitrógeno sea empleado para prácticamente cualquier finalidad, pero no ocurre lo mismo con los otros dos métodos.

- La separación criogénica consiste en retirar el nitrógeno del aire mediante rectificación, posteriormente al licuado parcial del aire. Sólo se puede llevar a cabo por debajo del punto crítico (132,5K y 37,7 bar). El sistema más sencillo desarrollado para llevar a cabo este método emplea una única columna de rectificación y produce principalmente nitrógeno gaseoso. Sólo se emplea la columna doble cuando se necesita producir además oxígeno puro.
- La separación de nitrógeno mediante adsorción emplea tamices moleculares de carbono o zeolíticos, muy empleados en diferentes procesos de separación y purificación de gases y líquidos. Los tamices de zeolitas basan la separación en la diferente capacidad de absorción de los diferentes componentes del aire, mientras que los tamices de nitrógeno, los más empleados para esta finalidad, se basan en la diferencia en la tasa de difusión. Este proceso permite obtener nitrógeno de manera más económica, pero con impurezas de oxígeno de hasta 100 ppm en volumen.
- Por último, las membranas también se pueden emplear para separar el oxígeno y el hidrógeno. Esta tecnología basa su funcionamiento en la propiedad de los gases de permear a través de membranas no porosas mediante difusión. Para que el proceso sea económicamente viable, se necesitan flujos de gas altos (y una membrana lo más fina posible) y una selectividad de elevada. Actualmente se venden módulos para la separación del nitrógeno que incluyen un compresor, el equipo de acondicionamiento de la alimentación, las membranas y el sistema de control. Producen nitrógeno de más de un 98% en pureza en capacidades de hasta 800 m<sup>3</sup> por hora. (Häussinger, y otros, 2000)

#### 14.1.8.4 Usos

El uso más extendido para el nitrógeno es la síntesis de amoníaco, que es el segundo producto químico más producido industrialmente, y casi el 90% del amoníaco consumido se fabrica a partir de nitrógeno e hidrógeno en un proceso catalítico desarrollado por Fitz Haber y Carl Bosch. En el año 2006 la demanda de oxígeno fue de casi  $150 \cdot 10^6$  toneladas. (Appl, 2006)

Entre los demás usos del nitrógeno destacan:

- Industria metalúrgica: el nitrógeno se emplea como compuesto en aleaciones para aportar dureza y resistencia a la corrosión y como gas protector.
- Se emplea contra incendios como protector debido a que es un gas inerte. Su función consiste en reducir la concentración de oxígeno por debajo de la concentración que permite la combustión.
- Industria alimentaria: el nitrógeno es empleado en etapas como el procesado, enfriado, almacenamiento y transporte de alimentos. Su empleo como líquido permite la congelación, y como gas genera un medio inerte donde los procesos de maduración y descomposición no tienen lugar.
- Otras aplicaciones en la manufactura incluyen su empleo en la industria de los plásticos o en la industria electrónica.
- En la obtención de gases y petróleo se emplea el nitrógeno gas a elevada presión (hasta 600 bar) durante las perforaciones. Mejora el uso de otros gases como el CO<sub>2</sub> debido a su baja solubilidad en el agua y los hidrocarburos.
- En medicina encuentra utilidad en ámbitos como la criomedicina o aplicaciones criobiológicas, como la preservación de sangre. (Häussinger, y otros, 2000)

#### 14.1.8.5 Mercado

En Europa es el segundo gas industrial más importante sólo por detrás del oxígeno. El mercado global del nitrógeno líquido se estima que rondó los 7.87 millones de toneladas en el año 2016, y con expectativas de crecimiento de un 4,4% anuales hasta el 2025 gracias al impulso de la industria gasera y la electrónica. (Grand View Research, 2017)

#### 14.1.8.6 Almacenamiento y transporte

Si se necesita nitrógeno en grandes cantidades se suele fabricar en la propia planta industrial, gracias al desarrollo de la tecnología de membranas y de adsorción.

El nitrógeno obtenido se puede almacenar y transportar tanto en estado gaseoso como en estado líquido a temperaturas criogénicas. Si se necesitan cantidades pequeñas de este gas, se puede almacenar y transportar en fase gas en cilindros de alta presión individuales o agrupados. La presión en los recipientes puede superar los 200 bar de presión. Si se desea transportar en estado líquido en pequeñas cantidades en recipientes que presenten un buen aislamiento.

Para la facturación de cantidades industriales de nitrógeno, se emplean cisternas o trenes de mercancías con recipientes aislados y a una presión máxima de 1,7 bar.

En las plantas industriales normalmente se almacena en tanques aislados al vacío, con capacidades de hasta 80 m<sup>3</sup> (95 toneladas) de nitrógeno líquido, que una vez vaporizado son 52.000 m<sup>3</sup> de producto gaseoso. Las pérdidas por evaporación son de entre un 0,6 y un 0,15% diariamente.

Para el empleo del nitrógeno gas, se emplean intercambiadores de calor de tubo aleteado, donde el fluido calefactor es aire ambiental. (Häussinger, y otros, 2005)

#### **14.1.9 Aire**

El aire es la materia prima principal en la obtención de nitrógeno gas, pero es además en posible reactivo ante fugas o escapes de compuestos de la planta que son liberados a la atmósfera.

Es una mezcla de gases formados en la atmósfera terrestre. Su composición se puede simplificar por un 78% de contenido en nitrógeno y un 21% en oxígeno, aunque los elementos en cantidades traza que se encuentran en el aire son tremendamente importantes. En la Tabla 25 se muestra la composición detallada del aire atmosférico. (Wolf, y otros, 2006)



Tabla 23 Composición del aire atmosférico

Componente	Concentración
<b>Componentes principales</b>	
<b>Nitrógeno</b>	78,09 %
<b>Oxígeno</b>	20,95 %
<b>Argón</b>	0,93 %
<b>Dióxido de carbono</b>	0,033 %
<b>Otros compuestos de concentración constante</b>	
<b>Neón</b>	18 ppm
<b>Helio</b>	5 ppm
<b>Kriptón</b>	1 ppm
<b>Xenón</b>	0,09 ppm
<b>Hidrógeno</b>	0,5 ppm
<b>Metano</b>	1,5 ppm
<b>Monóxido de carbono</b>	0,1 ppm
<b>Óxido de dinitrógeno</b>	0,25 ppm
<b>Impurezas</b>	
Dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, radón, amoníaco	

#### 14.1.10 Etanol

El etanol, de fórmula  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , es empleado en la industria farmacéutica en disoluciones que superan el 99% de contenido en etanol. En el resto de las industrias, es empleado en diferentes concentraciones, y con finalidades tan diferentes como bebidas alcohólicas, en antisépticos o en perfumes. Normalmente se sintetiza como derivado del petróleo, a partir de la hidratación de etileno.

Es considerado uno de los alimentos más antiguos, puesto que se encontraba en la cerveza y los vinos debido al proceso de fermentación.

## 14.1.10.1 Propiedades físicas

En estado puro, el etanol es un líquido incoloro. Es miscible en agua en cualquier proporción, y en algunos otros disolventes orgánicos. En la Tabla 26 se recogen algunas propiedades físicas del etanol.

*Tabla 24 Propiedades físicas del etanol*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso molecular g/mol</b>	46,7
<b>Punto de fusión, °C</b>	-114,5
<b>Punto de ebullición, °C a 101,3 kPa</b>	78,3
<b>pH (10 g/l y 20°C)</b>	7,0
<b>Punto de inflamación, °C</b>	12
<b>Temperatura de ignición, °C</b>	425
<b>Densidad g/cm<sup>3</sup> a 20°C</b>	0,790-0,793
<b>Presión de vapor, hPa a 20°C</b>	59
<b>Densidad relativa del vapor</b>	1,6
<b>Viscosidad dinámica mPA·s a 20°C</b>	1,2

## 14.1.10.2 Propiedades químicas y reactividad

Las principales propiedades del etanol proceden de la reactividad del grupo funcional hidroxilo, que participa en reacciones de importancia industrial como la deshidratación, la halogenación o la oxidación.

El etanol puede ser producido por diferentes vías, desde la síntesis química a partir de petróleo o carbón, hasta por fermentación de materiales orgánicos.

Las mezclas de los vapores de etanol con agua pueden formar mezclas explosivas, pero el producto es químicamente estable en condiciones normales. Se deben evitar condiciones de calentamiento, y es incompatible con el uso de gomas y plásticos como material de construcción o almacenamiento.

## 14.1.10.3 Obtención

La síntesis de etanol a partir de etileno por reacción con ácido sulfúrico se practica desde hace más de un siglo, aunque no fue hasta la década de 1930 cuando se consigue implantar la producción a nivel industrial de manera económica.

- Hidratación catalítica directa de etileno: esta reacción es catalizada por ácidos, donde el más empleado es el ácido fosfórico. El proceso consta de un calentamiento del etileno en agua desionizada hasta cerca de los 300°C y a presiones muy elevadas, de hasta 8 MPa. El etanol se purifica empleando técnicas de destilación extractiva.
- Hidratación indirecta de etileno: Este proceso se basa en la absorción de grandes cantidades de etileno en ácido sulfúrico concentrado. La absorción de este compuesto aumenta de forma lineal con la presión, por ello se trabaja en el rango de entre 1 y 3,5 MPa, y a temperaturas menores de 90°C para evitar la formación de resinas y aceites en la mezcla. A continuación, se lleva a cabo la hidrólisis, y se recupera el etanol en una columna de agotamiento.

Existen otros métodos desarrollados para la obtención de etanol a partir de metanol o gas de síntesis

#### 14.1.10.4 Usos

El etanol es un compuesto químico con multitud de aplicaciones industriales diferentes. En muchos países, el etanol producido por fermentación ha sido empleado para la producción de bebidas alcohólicas, mientras que el producido por otras rutas de síntesis se emplea para otros fines, como regla general.

Es uno de los disolventes más importantes de la industria, tras el agua. Sus aplicaciones principales en este campo a nivel industrial son en la cosmética, detergentes, desinfectantes y la industria farmacéutica y alimentaria. Para ser utilizado como disolvente se puede emplear tanto el etanol procedente de la fermentación como el de síntesis, aunque se prefiere el uso del etanol de fermentación, en especial en el caso de consumo humano o tratamiento corporal.

En cuanto a su uso como materia prima, el etanol participa en la síntesis de compuestos como: acetaldehído, butadieno, dietil éter, acetato de etilo, etileno, etilaminas, vinagre...

#### 14.1.10.5 Mercado

En el año 2017 casi el 90% del etanol consumido a nivel mundial fue para su empleo como combustible, propulsado en parte por estrategias políticas y económicas, debido a que reduce la dependencia en los combustibles fósiles y evita la emisión de gases de efecto invernadero.

Su consumo a nivel global se muestra en la Figura 43.

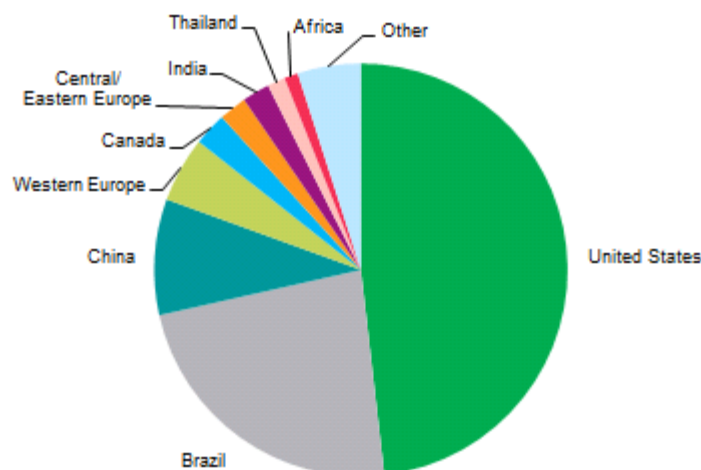


Figura 43 Consumo global de etanol por regiones en el año 2017

Los Estados Unidos son la principal región productora de etanol en la actualidad, con un gran crecimiento en los últimos 4 años, seguido por Brasil, donde es una industria en busca de la consolidación definitiva gracias a la implantación de nuevas plantas en los últimos años.

El mercado global espera crecimientos de hasta un 2% anual hasta el 2021, y pueden llegar a aumentar si las políticas sobre biocombustibles fomentan el uso de etanol frente a la gasolina o combustibles tradicionales. (IHS Markit, 2018)

Su precio es de 812 €/t según el indicador de precios de ICIS. (ICIS, 2006)

#### 14.1.10.6 Transporte y almacenamiento

Para el transporte del etanol se emplean recipientes de vidrio o de metal, y en caso de necesitar grandes cantidades del mismo los recipientes deben recibir un tratamiento con resina fenólica.

### 14.2 Productos intermedios

#### 14.2.1 Ácido Acético

El ácido acético es encontrado en numerosos sistemas vivos, y se conoce su existencia desde hace más de 5000 años, cuando se descubrió la producción de vinagre a partir de la fermentación de vino. (Cheung, y otros, 2011)

##### 14.2.1.1 Propiedades físicas

El ácido acético es un líquido incoloro y corrosivo, que presenta un olor acre y avinagrado. Está disponible habitualmente como ácido acético glacial, con menos de un 1% en peso de agua y más de un 98% de pureza. En la Tabla 22 se muestran propiedades físicas del ácido acético. (Cheung, y otros, 2011)

Tabla 25 Propiedades físicas del ácido acético glacial

Propiedad	Valor
Peso molecular g/mol	60,05
Punto de fusión, °C	17
Punto de ebullición, °C a 101,3 kPa	118
pH (50 g/l y 20°C)	2,5
Punto de inflamación, °C	39
Temperatura de ignición, °C	485
Densidad g/cm <sup>3</sup> a 20°C	1,05
Presión de vapor, hPa a 20°C	15,4
Densidad relativa del vapor	2,07
Viscosidad dinámica mPA·s a 20°C	1,22
Solubilidad en agua a 20°C, g/l	602,9

Para su comercialización se suelen requerir un grado de pureza determinado, mostrado en la Tabla 23.

Tabla 26 Especificaciones comerciales requeridas para el ácido acético

Compuesto	Valor
Ácido acético, % en peso	99,85
Agua, % en peso	0,15
Substancias reductoras, % en peso	0,05
Aldehídos, % en peso	0,05
Hierro, ppm	1
Metales pesados, ppm	0,05
Cloruros, ppm	1
Sulfatos, ppm	1
Ácido sulfuroso, ppm	1

#### 14.2.1.2 Propiedades químicas y reactividad

Es un producto químicamente estable bajo condiciones normales, y a temperatura ambiental. Las mezclas de los vapores con agua son explosivas ante un calentamiento intenso. Además, presenta riesgo de explosión con materiales como el ácido sulfúrico u oxidantes fuertes, como los empleados en la síntesis de paracetamol, y presenta riesgo de ignición con metales, hierro, cinc, magnesio y acero dulce. (Merck KGaA, 2017)

El ácido acético participa en la síntesis de muchos productos útiles en la industria. Destacan los ésteres de acetato, formados a partir de la reacción de olefinas o alcoholes con ácido acético, la acetamida, preparada a partir de la descomposición térmica de acetato amónico, o el cloruro de acetilo, sintetizado por la reacción de ácido acético con tricloruro de fósforo o cloruro de tionilo.

Otros métodos comerciales en los que interviene el ácido acético son su conversión en acetato de vinilo con etileno y oxígeno, la manufactura de anhídrido acético y la producción de ácido cloroacético. (Cheung, y otros, 2011)

#### 14.2.1.3 Obtención

Las rutas de síntesis más empleadas para la fabricación de ácido acético son la carbonilación de metanol y la oxidación de butano, nafta o acetaldehído. Sin embargo, durante los últimos 25 años ha predominado la primera alternativa, y se espera que la carbonilación de metanol continúe siendo la ruta principal de producción de ácido acético.

El proceso de manufactura del ácido acético a partir de metanol y monóxido de carbono a alta presión y temperatura se desarrolló en el año 1913, y la reacción llevada a cabo se muestra en la reacción 28. (Cheung, y otros, 2011)



#### 14.2.1.4 Usos

Casi el 30% del ácido acético consumido a nivel global es empleado en la manufactura de monómero de acetato de vinilo (VAM), uno de los polímeros más empleado en la industria, por ejemplo, en la fabricación de adhesivos y revestimientos.

El 24% de su consumo en el año 2016 se realizó para la síntesis de ácido tereftálico (PTA), necesario para la manufactura de resinas y fibras de tereftalato de polietileno (PET), y la producción de anhídrido acético representa el 13% del consumo global de ácido acético, usado principalmente en la industria de la celulosa. (Cheung, y otros, 2011)

#### 14.2.1.5 Mercado

El ácido acético es un producto con un mercado muy global, siendo las principales regiones productoras y consumidoras China, los Estados Unidos, Europa occidental y Asia, con casi un 90% de la capacidad mundial. En la Figura 44 se muestra el consumo por regiones de ácido acético a nivel global.

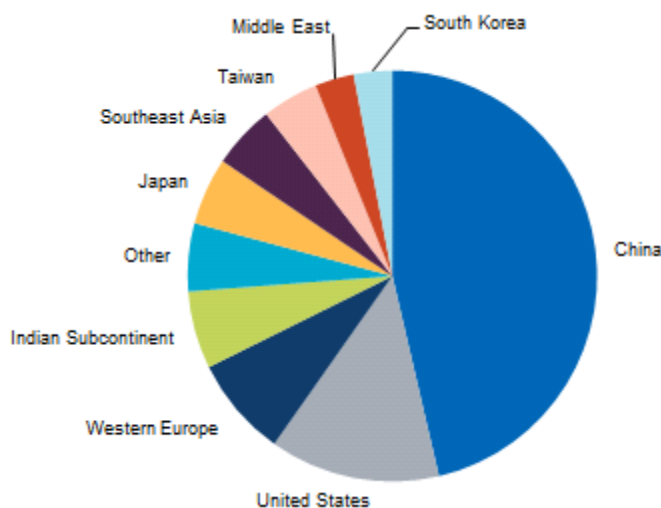


Figura 44 Consumo mundial de ácido acético por regiones en el año 2016

Se espera que el crecimiento del mercado de ácido acético se prologue a lo largo de los próximos años, impulsado principalmente por el mercado de China, cuyo consumo va a aumentar en cerca de un 5% anual hasta el año 2021 (mientras que la tendencia global es mantenerse entre un 3% y un 4%). El crecimiento más grande se espera en la industria china de los ésteres de acetato con un 7-8%, seguido de uso en la manufactura del ácido tereftálico con un crecimiento del 5,5% anual.

Mientras, en los Estados Unidos se espera un crecimiento de este mercado de cerca de un 2% anual en el mismo período. Las industrias predominantes en esta región son la producción de monómero de acetato de vinilo y de anhídrido acético. De igual manera, se espera un crecimiento más lento en Europa occidental, donde la fabricación de VAM está en retroceso, y únicamente se espera un aumento en el consumo de ácido acético (2,7% anual) para la manufactura de ácido tereftálico.

En cuanto a las regiones consumidoras más pequeñas, destacar India, que presenta un crecimiento anual de un 5%, con un crecimiento de prácticamente todos los sectores excepto la producción de VAM, y Sudamérica con un mercado en auge. (IHS Markit, 2016)

#### 14.2.1.6 Almacenamiento y transporte

Las regulaciones de transporte clasifican al ácido acético como un compuesto peligroso. En los Estados Unidos pertenece a la clase 8 según el DOT (*Department of Transportation*). Por

ello, se debe almacenar en un lugar frío y seco, evitando el contacto con materiales oxidantes. Los recipientes que lo contengan deben permanecer sellados y estar rotulados indicando que contienen material corrosivo. Se recomienda además emplear etiquetas informativas sobre su inflamabilidad.

Los materiales de los contenedores para el transporte y el almacenamiento pueden estar fabricados con acero inoxidable, vidrio o polietileno. Otro material también empleado es el aluminio, que forma una capa protectora gracias a la generación de óxidos de aluminio o de acetato de aluminio, al contacto con el ácido acético. Esta capa protectora evita una mayor corrosión del material.

Se debe evitar la contaminación del ácido acético con agua y con mercurio, puesto que son dos compuestos que aceleran el proceso de corrosión, por lo que se recomienda mantener la concentración de la disolución de ácido acético lo más alta posible y evitar el uso de termómetros de mercurio en la unidad como precaución. (Cheung, y otros, 2011)

#### 14.2.2 Nitrofenol

En este caso, el proceso de producción de paracetamol emplea el isómero para, pero a la hora de realizar la nitración de fenol se producen ambos isómeros, por lo que se van a exponer brevemente las propiedades de ambos compuestos.

##### 14.2.2.1 Para-nitrofenol

También llamado 4-nitrofenol, su fórmula es  $C_6H_5NO_3$ , aparece como un sólido con coloración amarilla que forma cristales y presenta un olor característico. Algunas de sus propiedades se muestran en la Tabla 27. (Booth, 2005)

*Tabla 27 Propiedades físicas del para-nitrofenol*

Propiedad	Valor
<b>Peso molecular, g/mol</b>	139,11
<b>Temperatura de fusión, °C</b>	110-114
<b>Temperatura de ebullición, °C a 1.013 hPa</b>	279
<b>pH a 5g/l y 24°C</b>	4,4
<b>Punto de inflamación. °C</b>	169
<b>Densidad, g/cm<sup>3</sup> a 20°C</b>	1,48
<b>Densidad aparente, kg/m<sup>3</sup></b>	Aprox. 550



<b>Solubilidad en agua, g/l a 25°C</b>	14,8
<b>Temperatura de descomposición. °C</b>	>280
<b>Temperatura de ignición</b>	510

El isómero para no es tan volátil y presenta mayor solubilidad en agua que el isómero orto. Es un compuesto químicamente estable bajo condiciones normales y a temperatura ambiente. En cuanto a su reactividad destaca que forma mezclas explosivas con el aire ante un aumento de temperatura grande. (Merck KGaA, 2017)

#### 14.2.2.2 Orto-nitrofenol

También recibe el nombre de 2-nitrofenol, de fórmula  $C_6H_5NO_3$ , y es un sólido de color amarillo y de olor fenólico. Sus propiedades físicas se listan en la Tabla 28. (Booth, 2005)

Tabla 28 Propiedades físicas del orto-nitrofenol

Propiedad	Valor
Peso molecular, g/mol	139,11
Temperatura de fusión, °C a 1.013 hPa	44
Temperatura de ebullición, °C a 1.013 hPa	215-216
Punto de inflamación. °C a 1.013 hPa	100,5
Presión de vapor, hPa a 25°C	0,15
Viscosidad dinámica mPa·s a 40°C	2,755
Solubilidad en agua, g/l a 20°C	2,1
Temperatura de descomposición. °C	280
Temperatura de ignición	550

Es un compuesto muy poco soluble en agua (menos de un 1% a 100°C) y es volátil debido a la existencia de uniones por puente de hidrógeno en la molécula. No presenta una alta estabilidad química, siendo sensible al calor. Puede reaccionar de manera violenta con agentes oxidantes o ácidos fuertes y existe peligro de explosión al contacto con agentes reductores o ácido sulfúrico concentrado. (Merck KGaA, 2017)

Se emplea en la producción de 2-aminofenol mediante un proceso de hidrogenación catalítica, que es utilizado como revelador fotográfico y en mayor cantidad como intermediario en la industria de tintes. (Booth, 2005)

### 14.2.3 Aminofenol

Los aminofenoles y sus derivados están incrementando su importancia comercial e industrial lentamente en los últimos tiempos, tanto para su uso directo o como materia prima. En este proceso estudiado interesa especialmente el para-aminofenol, que bajo un proceso de acetilación es convertido en paracetamol.

Es una sustancia anfótera, por lo que puede actuar tanto como ácido o base débil, aunque predomina su carácter básico. Tanto el isómero orto como el para son oxidados fácilmente, y esta es la característica básica de la mayor parte de sus aplicaciones. (Mitchell, y otros, 2005)

#### 14.2.3.1 Propiedades físicas

Los aminofenoles más simples son las tres formas isoméricas dependiendo de la posición relativa de los grupos hidroxilo y amino en el anillo bencénico, de fórmula  $C_6H_7NO$ .

Son sólidos cristalinos a temperatura ambiente de olor fenólico; y en grado comercial, especialmente el 2 y el 4-aminofenol suelen contener impurezas debido a la contaminación con productos de la oxidación, lo que les aporta un color amarillento o rosado

Las principales propiedades físicas de los isómeros orto y para se muestran en las Tablas 29 y 30. (Mitchell, y otros, 2005)

*Tabla 29 Propiedades físicas del orto-aminofenol*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso molecular, g/mol</b>	109,13
<b>Temperatura de fusión, °C</b>	172-174 (sublimado)
<b>Temperatura de ebullición, °C a 15 hPa</b>	150
<b>pH a 10g/l y 20°C</b>	6,5-7,5
<b>Punto de inflamación. °C</b>	>175
<b>Presión de vapor, hPa a 153°C</b>	14
<b>Densidad, g/cm<sup>3</sup> a 20°C</b>	1,328
<b>Densidad relativa del vapor</b>	3,77
<b>Densidad aparente, kg/m<sup>3</sup></b>	Aprox. 600
<b>Solubilidad en agua, g/l a 20°C</b>	17
<b>Temperatura de descomposición. °C</b>	>300
<b>Temperatura de ignición, °C</b>	190

Los cristales de para-aminofenol existen en dos formas. Por un lado, la forma  $\alpha$  es más estable, y tiene una densidad de 1,209 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la forma  $\beta$  tiende a convertirse a la forma más estable. Es además un compuesto que a presión reducida (40 Pa) sublima a 110°C, con una ligera descomposición. (Mitchell, y otros, 2005)

Tabla 30 Propiedades físicas del para-aminofenol

Propiedad	Valor
Peso molecular, g/mol	109,13
Temperatura de fusión, °C	190
Temperatura de ebullición, °C a 1,013 hPa	284
Punto de inflamación. °C	195
Presión de vapor, hPa a 110°C	0,4
Densidad relativa del vapor	3,77
Solubilidad en agua, g/l a 20°C	16
Temperatura de autoinflamación, °C	>400
Temperatura de descomposición. °C	284
Temperatura de ignición, °C	>250

#### 14.2.3.2 Propiedades químicas y reactividad

El para-aminofenol es sensible a la humedad, la luz y el aire, y puede reaccionar de manera violenta con oxidantes, bases, anhídridos de ácidos y ácidos, y se deben evitar los calentamientos fuertes (Merck KGaA, 2017)

La acidez de este compuesto es reducida por la presencia de los grupos amino, y puede actuar como base débil, dando lugar a sales con minerales y ácidos orgánicos. Entre las reacciones en las que intervienen destacan tanto en las que participa el grupo amino como el grupo hidroxilo: (Mitchell, y otros, 2005)

- Alquilación.
- Acilación.
- Formación de sales de diazonio.
- Reacciones de condensación.

#### 14.2.3.3 Producción

Los aminofenoles se sintetizan bien por la reducción de nitrofenoles o por sustitución. La reducción se consigue con hierro o hidrógeno en presencia de un catalizador, como ya se explica en el desarrollo del proceso de la planta de producción de paracetamol. (Mitchell, y otros, 2005)

#### 14.2.3.4 Usos

El orto y el para-aminofenol son agentes reductores fuertes empleados a gran escala en el revelado de fotografía bajo los nombres comerciales de Ortol y Paranol, entre otros nombres comerciales existentes.

Son a su vez productos intermedios versátiles empleados en la síntesis de múltiples tintes y pinturas. El para-aminofenol también es empleado en la industria farmacéutica (puesto que cuando se añade un grupo nitrógeno al 4-aminofenol adquiere propiedades analgésicas y antipiréticas) y como colorante de cueros y pelo.

#### 14.2.3.5 Mercado

Casi el 80% del para-aminofenol producido globalmente se emplea para la síntesis de paracetamol, cuyo mercado está en continuo aumento su auge de consumo. Aunque el mercado se sustenta además en una industria asentada, como la producción de antioxidantes, productos antiedad, revelados fotográficos y tintes.

El mercado global se espera que crezca desde los 450 millones de dólares estadounidenses en el año 2014 hasta los 700 millones de dólares estadounidenses en el año 2022. Esto en parte es propiciado por el crecimiento de China e India como potenciales productores y consumidores, y a la expansión de industrias como la farmacéutica y los tintes. (Transparency market research, 2015)

El mercado de Asia Pacífico de para-aminofenol espera una tasa de crecimiento anual de cerca de un 3,3% hasta el año 2022, la más alta de todos los mercados regionales a nivel mundial. (Transparency market research, 2016)

#### 14.2.3.6 Almacenamiento y transporte

En condiciones atmosféricas, los isómeros orto y para no son estables, y se oscurecen ante la exposición al aire y la luz, por lo que debe almacenarse en recipientes de vidrio oscurecido, con una atmósfera de nitrógeno. El uso de óxido de hierro en una bolsa separada del aminofenol dentro del recipiente evita la decoloración del para-aminofenol.

## 15 ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA

Como ya se ha comentado a lo largo del desarrollo de la memoria, el objetivo final de la instalación es la obtención de paracetamol con una pureza de un 99,5%. El emplazamiento final de la planta será en el polígono de Constantí, en la provincia de Tarragona.

### 15.1 Viabilidad de la tecnología seleccionada

La tecnología desarrollada para la producción de paracetamol por las diferentes vías posibles aparece recogida en el apartado de análisis de alternativas, así como la descripción de la vía de producción escogida finalmente, que es la conocida como ruta clásica en la cual se parte de fenol y consta de tres reacciones:

- Nitración de fenol.
- Hidrogenación catalítica de para-nitrofenol.
- Acetilación de para-aminofenol.

Para llevar a cabo las reacciones de manera industrial se han consultado diferentes patentes, analizando las más importantes o destacadas en la sección de estudios previos de esta memoria. Se han descartado para ello las alternativas de producción de paracetamol restantes, entre las que se encuentran aquellos procesos que parten de nitrobenzeno y de 1-cloro-4-nitrobenzeno como materias primas, así como la ruta desarrollada por la compañía *Hoechst Celanese Corporation* partiendo de acetato de fenilo.

Es por ello por lo que la selección de la ruta clásica conlleva la disponibilidad de información más completa acerca del proceso y patentes, así como supone el desarrollo de los equipos de proceso, entre los que destacan los reactores y los cristalizadores como principales equipos mecánicos. Es por ello que se conoce que es una alternativa viable para la producción de paracetamol a escala industrial.

### 15.2 Disponibilidad de materias primas y venta de productos

Uno de los principales requisitos de la planta para ser viable técnicamente consiste en la disponibilidad de las materias primas en la cantidad y con la calidad necesaria. Al tratarse de compuestos comunes en la industria química se da por supuesto que la disponibilidad de estos será elevada. Las principales materias primas empleadas en la instalación son: fenol, ácido sulfúrico, ácido nítrico, hidrógeno, etanol, tetraóxido de dinitrógeno, anhídrido acético y bisulfito sódico, además del catalizador de Pt/C y el negro de carbón.

El emplazamiento seleccionado para la instalación de la planta es en la península ibérica, más en concreto en la provincia de Tarragona, en un polígono con buenas comunicaciones. Aún así en la sección emplazamiento de esta memoria se citan la disponibilidad de las materias primas principales en la península ibérica. Por otra parte, la venta del producto no se presenta dificultosa, puesto que los principales laboratorios que emplean paracetamol como materia prima están situados en la misma comunidad autónoma que la instalación, y Europa es uno de los mayores

consumidores de paracetamol a nivel global. Es por ello que se concluye que la disponibilidad de suministro de materias primas y la venta de productos hace que la planta sea viable técnicamente.

### 15.3 Disponibilidad de utilidades

La planta requiere de las siguientes utilidades para un correcto funcionamiento:

- Vapor de calefacción: el vapor será generado en calderas empleando como combustible gas natural, y será empleado algunos de los intercambiadores de calor del proceso, así como en los reboilers de las columnas de destilación.
- Gas natural: la planta precisa de un suministro de gas natural como utilidad para llevar a cabo la generación de vapor. Se trata del combustible más utilizado para este fin puesto que proporciona una menor tasa de contaminación que los combustibles fósiles habituales.
- Energía eléctrica: suministrada directamente de la red eléctrica, a la que la planta tiene acceso directo desde el polígono. Empleada para la red de alumbrado, los motores y piezas de equipo como las bombas. Se dispondrá de conexiones tanto de alta como de baja tensión, por lo que se puede emplear un transformador del polígono o en caso de ser necesario un transformador en la planta.
- Aire comprimido: utilizado principalmente para actuar los controladores neumáticos y otros instrumentos de control. La planta dispondrá de una estación de compresión en la que se genera el aire comprimido. El funcionamiento de los compresores será mediante energía eléctrica.
- Agua de refrigeración: Se empleará agua de refrigeración para el circuito de refrigeración de los reactores R-501 y R-701. Cuando es posible se empleará agua directamente del río, mar o de lago mientras sea devuelta por debajo el límite de temperatura establecido legalmente, resultando en la opción más económica, y que puede ser de aplicación en los cristalizadores de paracetamol, por ejemplo. Para la refrigeración de los reactores, por el contrario, se necesitará de agua a 10°C.
- Agua de proceso: el polígono cuenta con una red de suministro de agua que permite abastecer a la planta del agua de proceso necesaria para su correcto funcionamiento, como para uso general de la planta, contra incendios o para la limpieza de equipos.

- Inerte: en la planta se emplea nitrógeno como inerte para realizar la purga de los equipos, necesaria por ejemplo en los tanques donde se almacenan compuestos inflamables y para equipos de proceso como el reactor de hidrogenación. Se instalará un tanque de almacenamiento de nitrógeno para disponer de este para las tareas de inertización de equipos.
- Tratamiento de efluentes: la planta dispondrá de una estación de tratamiento de aguas residuales (EDAR) para el tratamiento de efluentes líquidos derivados del proceso.

#### 15.4 Disponibilidad de equipos

En el proceso intervienen equipos como columnas de destilación, intercambiadores de calor, decantadores, filtros, centrifugadoras, cristalizadores o los reactores. Para todos ellos se dispone de métodos rigurosos para la realización de su diseño, por lo que desde el punto de vista de los equipos necesarios el proyecto se presenta viable técnicamente.



## 16 CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

### 16.1 Introducción

El sistema de control e instrumentación de una planta de producción a escala industrial existe debido a la necesidad de satisfacer los objetivos y requisitos operacionales para el correcto funcionamiento del conjunto de unidades de proceso. Existen perturbaciones que pueden alterar los parámetros de operación del sistema, desencadenando situaciones indeseables. El sistema de control e instrumentación permite reducirlas, manteniendo el valor de la variable controlada entorno al punto de consigna (valor deseado de las condiciones de proceso), o de llevar al sistema a un nuevo estado estacionario si el punto de consigna varía su valor.

En esta sección se realizará una descripción del sistema de control para la planta de producción de paracetamol, definiendo las variables que intervienen en cada lazo de control, así como la instrumentación utilizada para su implantación.

### 16.2 Objetivos

En la operación de una planta química se deben satisfacer los requerimientos de producción, económicos y demás, listados a continuación: (Stephanopoulos, 2015)

- Seguridad: la seguridad se presenta como un requisito fundamental para considerar el desarrollo de un proceso químico a nivel industrial. Las condiciones de operación (temperatura, presión, concentración de reactivos y productos, etc.) deben permanecer dentro de los rangos establecidos para evitar cualquier riesgo para personas o la instalación.
- Especificaciones de producción: se debe asegurar que se produce el producto principal en las cantidades necesarias y con la pureza deseada para su comercialización.
- Requerimientos operacionales: para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de proceso, se deben tener en consideración ciertas condiciones como: la carga neta positiva de aspiración (CNPA) de las bombas, niveles en los tanques de almacenamiento, inundación en las columnas de destilación o la temperatura en los equipos con catalizador, como en el caso de la planta de producción de paracetamol el R-501.
- Medio ambiente: los requerimientos ambientales obligan a realizar un control sobre las emisiones de productos contaminantes al medio, y limitarse a las cantidades y concentraciones aceptables y establecidas por la legislación vigente.

- Economía: El objetivo último de una planta de producción química es el de obtener un beneficio económico mediante la venta de un producto, que debe satisfacer una demanda del mercado. Para maximizar este objetivo económico se deben optimizar la utilización de materias primas, reactivos o el gasto energético de los equipos.

### 16.3 Elementos de un lazo de control

- Elemento primario de control (EPC): empleado para realizar la medida de las variables: variable controlada (medida directa) u otra variable que se pueda relacionar con ella (medida indirecta).
- Elemento final de control (EFC): Es la parte del sistema de control que actúa físicamente sobre el proceso para ajustar la variable manipulada. Suelen ser válvulas de control que regulan el flujo de diversas corrientes.
- Variable controlada (VC): variable seleccionada para llevar a cabo el control por ser representativa de una magnitud que se desea controlar.
- Variable manipulada (VM): su valor puede ser ajustado libremente, y son actuadas por el elemento final de control. Es sobre la que se va a operar para cambiar el valor de la variable controlada.
- Set point (SP): también llamado punto de consigna, es el valor en el que se desea establecer al variable controlada.
- Error ( $\epsilon$ ): diferencia entre el valor del set point y la variable controlada. Es calculado mediante la ecuación 2.

$$\epsilon = SP - VC \quad [Ecuación 2]$$

- Controlador: instrumento que recibe los datos (VC) de un equipo de medida, los compara con los datos de un punto de consigna (SP) y tras calcular el error ( $\epsilon$ ), en caso de ser necesario indica a un elemento de control que lleve a cabo una acción correctora sobre la variable manipulada (VM)
- Transmisor: Dispositivos que convierten la lectura de un sensor en una señal estándar y la transmiten a un monitor o un controlador. Las señales, en función de su naturaleza, pueden ser:
  - Analógica: señal eléctrica de intensidad variable en un rango estándar de 4 a 20 mA.

- Neumática: producida modificando la presión de aire en una conducción en función de la variación en la VC. El rango estándar es entre 3 y 15 psig.

## 16.4 Tipos de control

En función de la localización de los elementos del lazo de control, y dependiendo de si se actúa antes o después de que se produzca la perturbación, se distinguen tres tipos de estrategias de control:

- Control feedforward: es un tipo de control anticipativo, que mide la variable de entrada al sistema, y empleando correlaciones matemáticas predice el valor de la variable manipulada, permitiendo corregir la perturbación antes de que aparezca en el sistema. Este control presenta buenos resultados cuando se dispone de información suficiente sobre el sistema para calcular el valor de la variable manipulada. El principal problema que presenta es que no tiene en cuenta el valor de la variable controlada, por lo que en caso de cometer un error en el cálculo no se detectará y puede no verse corregido por el lazo de control.
- Control feedback: es un tipo de control que actúa sobre la variable manipulada tras detectar una perturbación que ya se ha producido en el sistema. Se tiene en cuenta el valor de la variable controlada y se actúa en consecuencia al valor de esta. El principal inconveniente que presenta esta disposición de control es que puede transcurrir demasiado tiempo desde que se produce la perturbación hasta que se actúa para corregirla.
- Control feedforward-feedback: esta disposición de control combina ambas estrategias ya explicadas, puesto que anticipa la perturbación, y posteriormente el sistema feedback corrige el posible error que permanece tras la primera corrección.

## 16.5 Nomenclatura

Se va a emplear la nomenclatura definida en la norma ISA-5.1: “*Instrumentation symbols and identification*”, que establece una manera uniforme y homogénea en la representación e identificación de instrumentos y dispositivos asociados.

La nomenclatura en cuestión sigue el siguiente modelo:

XY-ABB

Donde:

- X: representa la variable controlada del lazo de control.
- Y: identifica el tipo de elemento del lazo.
- A: indica la zona de la planta en la que se localiza.
- BB: indican el número de lazo.

En el diagrama, la representación de estos elementos se realiza en círculos, en los que se representa el indicador funcional (XY) en la zona superior, mientras que en la inferior se indica el número del lazo.



*Figura 43 Identificación de la instrumentación*

Las letras empleadas en el proceso se muestran en la tabla 31, donde la letra en primera posición indica la variable controlada y las funciones secundarias identifican los elementos de un lazo de control.

*Tabla 31 Nomenclatura lazos de control*

Letra	Primera posición	Función secundaria
<b>A</b>	Composición	Alarma
<b>C</b>		Controlador
<b>D</b>	Densidad	Diferencial
<b>F</b>	Caudal	
<b>H</b>		Alto
<b>I</b>		Indicador
<b>K</b>	Tiempo	
<b>L</b>	Nivel	Bajo
<b>P</b>	Presión	
<b>S</b>		Interruptor
<b>T</b>	Temperatura	Transmisor

## 16.6 Instrumentación

Los instrumentos son empleados para realizar una medición de un fenómeno físico que se puede relacionar, de manera directa o indirecta, con alguna magnitud de interés. Los instrumentos más empleados se muestran en este apartado.

### 16.6.1 Medidores y transmisores

Es el primer elemento de un lazo de control y mide la propiedad física deseada y la transforma en una señal que puede ser interpretada por el controlador. Es un elemento crítico en el proceso de control, puesto que no se consigue un buen control sin una medición y transmisión precisas. Ambos elementos, medidor y transmisor, se representan habitualmente con un único símbolo.

#### 16.6.1.1 Medidor de presión (PE/PT)

Los elementos más habitualmente empleados para realizar la medición de presiones son los manómetros, que pueden funcionar mediante una columna de líquido, o mediante la deformación elástica de materiales, como el caso del tubo de Bourdon o los diafragmas. Por último, existen un tipo de medidores de presión basados en la generación de una señal eléctrica por medio de la presión ejercida, que emplean materiales piezoeléctricos en su construcción.

#### 16.6.1.2 Medidores de temperatura (TE/TT)

Para medir la temperatura se suelen emplear, de forma más común, termopares y RTD (Detector de temperatura resistivo). El termopar es un transductor formado por dos metales diferentes unidos, que producen una diferencia de potencial muy pequeña en caso de variaciones en la temperatura entre dos de sus puntos (efecto Seebeck). Por su parte, la RTD es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Existen otros instrumentos de medición de temperatura empleados en casos más especiales, como para muy altas temperaturas (pirómetros).

#### 16.6.1.3 Medidores de caudal (FE/FT)

Entre los múltiples elementos de medida de caudal, destacan los medidores de orificio, el tubo de Venturi (que miden la caída de presión en un estrechamiento y la relacionan con la cantidad de fluido que circula por este) que se emplean mayormente por su bajo coste de instalación y mantenimiento a pesar de causar pérdida de presión permanente en el fluido.

Existen otro tipo de medidores de presión, como los ultrasónicos, que emplean estas ondas para determinar el caudal, o caudalímetros electromagnéticos, basados en la ley de Faraday y

empleados con líquidos conductores. Si se requiere una medición muy precisa se recomienda el uso de anemómetros de hilo caliente, que consiste en un alambre fino de escasa longitud y calentado eléctricamente, que mide el caudal en función del enfriamiento del alambre provocado por el caudal de fluido.

#### 16.6.1.4 Medidores de nivel (LE/LT)

Se suelen emplear con frecuencia en tanques de almacenamiento, de reflujo o calderas para medir niveles del líquido, u otra magnitud relacionada con el mismo. Se suelen emplear medidores de flotador, de presión diferencial, ópticos o medidores de ultrasonidos. Estos controladores de nivel se suelen encontrar en tuberías anexas a la unidad, conocidas como *stand pipe*, para evitar que afecten al proceso, y separadas de este por válvulas de corte.

#### 16.6.1.5 Medidores de composición (AE/AT)

Para la medición de la composición de una corriente, se emplean de manera habitual analizadores infrarrojos o ultravioleta (cuando el número de compuestos se reduce a uno o dos), potenciómetros, conductímetros, pHmetros o espectrómetros (que suelen resultar muy caros para el funcionamiento como parte de lazos de control)

### 16.6.2 Interruptores

Llevan a cabo una acción al alcanzar la variable medida de un valor determinado por el usuario, como la puesta en marcha de equipos o activación de alarmas. Se identifican en el diagrama con la letra secundaria S, y una tercera letra que indica el nivel de la variable: bajo (L) o alto (H).

### 16.6.3 Controladores

El controlador recibe la información de las variables medidas, aplica la regla de control correspondiente y calcula la acción de control para ajustar el valor de las variables manipuladas y contrarrestar la perturbación del sistema. En función del tratamiento del error para el cálculo de la respuesta, los tipos de control son:

- Control on/off: se trata de un tipo de controladores sencillos y baratos, que generan dos únicos valores del elemento final de control, o completamente abierto o completamente cerrado, dependiendo del valor del error. El error es la diferencia entre la variable medida y el set point. No son recomendables cuando el proceso presenta una evolución lenta, puesto que no tiene en cuenta la evolución de la señal.
- Control proporcional (P): La salida del sistema de control es directamente proporcional al valor del error en el momento en el que se realiza la medida:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + u_0 \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Donde  $u(t)$  es la salida del controlador,  $K_p$  es la ganancia proporcional del sistema, y  $e(t)$  se corresponde con la diferencia entre el set point y la variable medida. El término independiente representa la salida del sistema en caso de que el error sea nulo. Este tipo de control acelera la respuesta sobre el proceso controlado, pero como inconveniente presenta un error permanente (offset)

- Control integral: la acción de control integral consiste en eliminar el offset que pueda existir. La salida de este controlador es proporcional al error acumulado, y posee una acción lenta.

$$u(t) = \frac{1}{T_i} \cdot \int edt + u_0 \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde  $T_i$  es el tiempo integral, que se define como el tiempo que tarda la acción integral en igualar a la acción proporcional.

- Control proporcional-integral (PI): la acción integral combinada con la proporcional permite eliminar el offset permanente.

$$u(t) = K_c \left( e + \frac{1}{T_i} \cdot \int edt \right) \quad [\text{Ecuación 5}]$$

El principal inconveniente es que produce respuestas oscilantes, y en caso de que aumente la ganancia se puede originar inestabilidad en el proceso.

- Control proporcional-integral-derivativo (PID): es el más empleado en actualidad por ser el más completo de los hasta ahora vistos, en el que la acción derivativa proporciona un impulso al inicio, la acción proporcional conduce al sistema hacia un nuevo punto y la integral se encarga de corregir el offset.

$$u(t) = K_c \left( e + \frac{1}{T_i} \cdot \int edt - T_d \frac{d e(t)}{dt} \right) \quad [\text{Ecuación 6}]$$

La elección del tipo de controlador es la siguiente:

- En caso de ser posible el control proporcional (con valor de offset aceptable) se empleará este.
- En caso contrario, se optará por un control PI, utilizado para el control de caudal habitualmente, o para medidores de presión y de nivel de líquido.

- En caso de necesitar una velocidad de respuesta alta, se optará por el empleo de un PID, recomendable en casos de control de temperatura y composición.

#### **16.6.4 Válvulas de seguridad**

Se representan mediante las letras PSV en el diagrama, y son elementos de control numerados de forma independiente. Se encargan de reducir la presión en el equipo en caso de fallo en el sistema de control, para evitar superar la presión máxima de diseño.

#### **16.6.5 Elementos finales de control**

Son válvulas de control que permiten manipular alguna corriente que guarda relación con la variable medida. Las válvulas de control pueden ser FO, que en caso de fallo de suministro permanece abierta, o FC, que por el contrario permanece cerrada. La determinación de este parámetro se realiza en base a criterios de seguridad. Habitualmente, las válvulas de alimentación permanecerán cerradas en caso de fallo, así como las de calentamiento de corrientes.

Este tipo de válvulas se instalan con un sistema de bypass, para que en caso de fallo de la válvula no se interrumpa la producción, y presentan un diámetro menor que el de la conducción de forma habitual, así como drenajes para aliviar la presión en caso de ser necesaria la sustitución de la válvula.

### **16.7 Lazos de control**

#### **16.7.1 Sección de reacción: nitración (A-200)**

El objetivo de los lazos de control en esta sección es conseguir el llenado del reactor con las materias primas necesarias, procedentes tanto de la alimentación fresca como de los tanques donde se almacena la materia prima de la sección de recuperación, y posteriormente en la reacción conseguir mantener una temperatura constante de la mezcla reaccionante, a la que se está añadiendo de manera continua el fenol en estado líquido durante el periodo completo de reacción. Una vez terminada la reacción se enfría la mezcla para conseguir la cristalización de la mezcla, y se separa el orto-nitrofenol y el para-nitrofenol de la mezcla líquida mediante una centrifugadora.

La nomenclatura de los lazos se realiza en serie, por lo que cada número de identificación se refiere a un lazo diferente. En caso de existir elementos iguales en un lazo, se añade una letra identificativa.

##### **16.7.1.1 Lazo de control KIC-201**

Estos lazos de control actúan sobre el flujo de las corrientes de entrada al reactor R-201 para asegurar que todas las materias primas se alimentan en las cantidades correctas durante el



tiempo de carga del equipo (ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido nitroso) y durante el tiempo de operación (fenol, única adición en continuo).

#### 16.7.1.1 Lazo de control AIC-202

Este lazo de control se emplea para controlar la proporción de agua que se debe añadir al reactor R-202, en función de la composición de óxidos de nitrógeno en el reactor, que son introducidos tras la reacción de nitración llevada a cabo en el reactor R-201, con el fin de mantener en disolución el ácido nitroso.

La variable medida es, por tanto, la composición en el interior del reactor R-202. Esta medida se realiza mediante AE, el sensor encargado de realizar la medición de los óxidos de nitrógeno. El elemento transmisor, AT, hace que la señal llegue al AIC, un controlador/indicador que compara el valor de la composición con el valor estipulado en el set point, y elabora la respuesta de apertura o cierre de la válvula de entrada de agua, AV.

#### 16.7.1.2 Lazo de control TIC-203

Con el fin de mantener la temperatura del reactor en un punto de operación óptimo, se controla la temperatura de la mezcla en el interior del equipo empleando para ello agua de refrigeración que circula por un serpentín interno. El punto de consigna de este lazo es de mantener la temperatura reaccionante de la mezcla en torno a los 80°C, y se coloca de forma que se lleva a cabo un control feedback. El lazo está formado por un sensor de temperatura TE, que son o bien termopares, o bien RTD; transmisores de señal TT, los controladores/indicadores TIC en el panel de control, los relés convertidores de señal y las válvulas TV que manipulan el caudal de líquido refrigerante.

#### 16.7.1.3 Válvulas de alivio PSV-204/205

Las válvulas de seguridad de alivio de presión se instalan en los equipos en los que trabajan a presión mayor a la atmosférica, con el fin de protegerlos de sobrepresiones que puedan darse como consecuencia del funcionamiento anormal de operación, como puede ser el caso de reacciones incontroladas, elevación de temperatura o incendios externos. Estas válvulas de alivio se encuentran en los reactores R-201 y R-202, donde se trabaja con presiones mayores a la atmosférica, y con gases como los óxidos de nitrógeno.

#### 16.7.1.4 Indicador de temperatura 206

Empleado como un indicador visual para la visualización de la temperatura en el interior del reactor de nitración.

### **16.7.2 Sección de recuperación (A-300)**

#### **16.7.2.1 Alarmas LAH-302, LAH-338, LAH-340 y LAH-343**

Todas son alarmas de nivel, situadas en los tanques tanto de entrada a la columna C-301, como los tanques donde se almacenan los compuestos recuperados para ser empleados como materia prima en el reactor R-201. Son alarmas referidas al alto nivel de líquido en los tanques, y permiten avisar a los operarios de que el sistema de control no funciona correctamente.

#### **16.7.2.2 Alarmas LAH-310, LAL-311, LAL-308, LAH-322, LAL-323, LAL-318, LAH-333, LAL-334 y LAL-329.**

Son alarmas de nivel, referidas o bien al alto y bajo nivel de líquido en los calderines de las 3 columnas de destilación situadas en esta sección de la planta, y tres de ellas (LAL-308/318/329) son alarmas referidas al bajo nivel del tanque de reflujo. Como en el caso anterior, su funcionamiento es avisar al operador de un funcionamiento incorrecto del sistema de control, y deben estar situadas de forma separada del controlador de nivel para que, en caso de fallo, haya sistemas redundantes que adviertan del error.

#### **16.7.2.3 Lazo de control FIC-303**

Este lazo controla el flujo de entrada a la primera columna de destilación C-301. Para ello dispone de un medidor de orificio que controla el caudal. El flujo es controlado mediante una válvula de control localizada sobre la alimentación a la columna.

#### **16.7.2.4 Lazos de control PIC-305, PIC-316 y PIC-327.**

Estos lazos de control permiten manipular la presión en la columna de destilación. Es un lazo feedback sencillo, donde el sensor transmisor de presión realiza la medida en el interior de la columna de destilación correspondiente, y la envía al controlador/indicador, situado en la sala de control, que compara el valor de presión con el punto de consigna y actúa sobre la válvula de presión correspondiente en caso de ser necesario, situada en la entrada de agua de refrigeración para la condensación de la corriente de cabezas, para aumentar o disminuir la presión.

#### **16.7.2.5 Lazos de control LIC-309, LIC-321, LIC-332, LIC-307, LIC-317 y LIC-328.**

Los tres primeros lazos controlan el nivel del calderín de las columnas de destilación de la sección 300, mientras que los tres últimos lazos se encargan del control del nivel del tambor de reflujo de cada una de estas. Para realizar el control, manipulan corrientes de salida del proceso, tanto la de cabezas para el tanque de reflujo, como la de colas para el control del nivel de líquido en el calderín.

#### 16.7.2.6 Lazos de control TIC-306, TIC-312, TIC-319, TIC-324, TIC-330 y TIC-332

Estos lazos son los encargados de las corrientes de recirculación a la columna, tanto de colas como de cabezas. Los lazos de control de cabezas controlan la temperatura de esta zona de la columna para regular la cantidad de líquido a introducir, mientras que los lazos de recirculación de colas controlan el caudal de vapor de agua necesario para el calentamiento y correcto funcionamiento de la columna, asegurando la generación de vapor necesaria para mantener las condiciones óptimas en el interior de la columna.

#### 16.7.2.7 Lazo de control AIC-338.

Este lazo se encarga de la adición de agua al tanque V-305, para mantener el ácido sulfúrico en condiciones óptimas de dilución para actuar como disolvente en la reacción. El sensor AE se encarga de la medición de la composición en el reactor, mientras que el transmisor AT envía la información al controlador/indicador AIC, que controla la válvula AV que regula la entrada de agua al tanque.

#### 16.7.2.8 Alarmas LAH-339, LAH-337 y LAH-340

Alarmas referidas al nivel alto en los tanques donde se almacena el reflujo para la entrada al reactor R-201.

#### 16.7.2.9 Indicadores de temperatura TI-314/320/331

Son instalados en el primer plato de las columnas de destilación, para realizar un control de la presión de salida de los vapores del calderín, y conocer así su composición. Sirven como comprobante del buen funcionamiento de la columna.

#### 16.7.2.10 Indicadores de nivel LI-340/339/337

Instalados para indicar el nivel en los tanques de almacenamiento de materias primas recuperadas por el tren de columnas de destilación.

#### 16.7.2.11 Válvulas de alivio PSV-301/304/313/315/325/326/335

Elementos de seguridad situados en las columnas de destilación y demás equipos donde se trabaja con presiones elevadas o vapor de agua en la carcasa, en el caso de los reboilers de las columnas.

### **16.7.3 Sección de purificación de para-nitrofenol (A-400)**

#### 16.7.3.1 Lazo de control FIC-401

Este lazo controla el flujo de entrada de agua al tanque V-401, donde se consigue la dilución del para-nitrofenol. Para ello dispone de un medidor que controla el caudal de para-nitrofenol y orto-nitrofenol que se alimentan al tanque, y mediante un controlador/indicador de

flujo, FIC, se abre o cierra una válvula de control localizada sobre la alimentación a de agua, para que la proporción de esta en la mezcla sea la correcta para la dilución del sólido.

#### 16.7.3.2 Lazo de control TIC-402

El agua debe entrar a prácticamente 100 °C, temperatura a la que se favorece la disolución y la separación final del orto-nitrofenol en la columna de arrastre por vapor. El vapor alimentado al intercambiador de calor se regula mediante este lazo de control, que realiza la medida empleando un sensor, como termopares o RTD, envía la señal mediante un transmisor TT a un indicador/controlador, que compara la temperatura de salida del agua con el punto de consigna, y permite la regulación del caudal de entrada de vapor mediante una válvula de control TV.

#### 16.7.3.3 Alarmas LAH-403/405/415/422

Es una alarma de nivel referida al nivel alto de líquido en los tanques de almacenamiento de la sección de purificación. Su activación indica a los operarios de un fallo en el sistema de control alrededor del tanque de dilución o del proceso de cristalización y decantación.

#### 16.7.3.4 Lazo de control KIC-404

La descarga del tanque V-401 se realiza mediante este lazo de control de tiempo.

#### 16.7.3.5 Lazo de control FIC-406

Este lazo de control se encarga de regular el caudal de alimentación a la columna de arrastre por vapor de la disolución acuosa de orto y para-nitrofenol. Emplea un medidor de orificio para la cuantificación del caudal, y transmite la información mediante un transmisor de caudal. El valor es comparado con el punto de consigna mediante un controlador/indicador situado en la sala de control, y actúa sobre una válvula a la salida del tanque de almacenamiento V-402.

#### 16.7.3.6 Lazo de control TIC-407

Este lazo de control se encarga de regular la entrada de vapor a la columna de arrastre por vapor. La mezcla de orto-nitrofenol y para-nitrofenol para ser separada necesita alcanzar una temperatura de 99,6°C para conseguir el arrastre de uno de los componentes, en este caso el orto-nitrofenol. Es por ello que se realiza una medición de temperatura en la columna, y mediante un controlador/indicador TIC situado en la sala de control, se puede regular mediante una válvula de control la entrada de vapor a la columna.

#### 16.7.3.7 Lazo de control PIC-409

Este lazo de control de presión se encarga de regular la entrada de agua de refrigeración al condensador a la salida por cabezas. Realiza una medición de la presión en la zona superior de la columna, y conociendo la presión, mediante un controlador de presión PIC, actúa sobre una válvula de control que regula la entrada de agua para la condensación.

#### 16.7.3.8 Indicador de temperatura TI-410

Este indicador de temperatura situado en la columna de destilación con arrastre por vapor permite realizar un seguimiento visual para los operarios de planta del correcto desarrollo de la separación de isómeros.

#### 16.7.3.9 Alarmas LAH-411 y LAL-412

Son alarmas de nivel, la primera referida al nivel alto de líquido, y la segunda referida al nivel bajo de líquido, situadas en la zona inferior de la columna de destilación con arrastre por vapor. Indican también del correcto funcionamiento de la destilación, y van separadas del lazo de control de nivel para que existan sistemas redundantes que permitan detectar un error en el funcionamiento de la columna.

#### 16.7.3.10 Lazo de control LIC-413

Este lazo controla el nivel del calderín de la columna de destilación. Para realizar el control, manipula la corriente de salida por colas del equipo mediante una válvula de control ordenada por un controlador/indicador de nivel situada en la sala de control, que regula el nivel del tanque de acuerdo con un punto de consigna predeterminado.

#### 16.7.3.11 Lazo de control FIC-414

Este lazo de control de flujo regula la entrada de bisulfito sódico a la disolución de para-nitrofenol. Mediante un medidor de orificio, controla la adición de bisulfito sódico en función de la cantidad de para-nitrofenol incorporada al tanque V-404.

#### 16.7.3.12 Lazo de control KIC-417/418/420/422/423

Este lazo de control de tiempo regula carga y descarga de líquido de los tanques de mezcla V-404 y V-405, así como de los dos decantadores D-401 y D-402 y del cristalizador C-401. Se emplea un control en función del tiempo puesto que se trata de un proceso batch o por cargas.

#### 16.7.3.13 Lazos de control TIC-416/419/421

Estos lazos de control de temperatura regulan la entrada de agua de refrigeración a los tanques de mezcla V-404 y V-405, donde la mezcla de para-nitrofenol en agua junto con el bisulfito sódico y las impurezas deben ser enfriados para conseguir la separación en dos fases inmiscibles, y por último en el cristalizador se baja la temperatura para conseguir la precipitación del para-nitrofenol. La temperatura en los tanques está fijada mediante un punto de consigna, por lo que un sensor de temperatura como un termopar o una RTD realiza la medición, y se transmite por un transmisor de temperatura a un controlador, que compara el valor fijado previamente con el medido y actúa sobre la válvula de regulación de la entrada de agua de refrigeración.

#### **16.7.4 Área de reacción: hidrogenación (A-500)**

##### **16.7.4.1 Lazo de control KIC-501**

Este lazo de controlan la alimentación de los reactivos al reactor R-501 mediante un control por tiempo, puesto que se trata de un proceso en discontinuo. El para-nitrofenol procede tanto de la alimentación fresca como del tanque de almacenamiento V-406 de la sección de purificación A-400, así como también el flujo de disolvente incorporado, que es etanol, y el de catalizador Pt/C.

##### **16.7.4.2 Lazo de control TIC-505**

Este lazo de control de temperatura es el encargado de controlar el calentamiento y la refrigeración de la mezcla en el interior del tanque. Es necesario llevar la mezcla inicial hasta la temperatura de reacción, de 80°C, y posteriormente mantener la misma mediante refrigeración, puesto que la reacción de hidrogenación es altamente exotérmica. Se dispone de un medidor de temperatura y un transmisor de la misma situados en el reactor, que envían la información a un controlador común que se encarga de actuar tanto la alimentación de vapor como de agua de refrigeración.

##### **16.7.4.3 Lazo de control PIC-504**

Es el lazo encargado de controlar la alimentación de hidrógeno gas. En el interior del reactor se necesita una presión constante de 4MPa, que se consigue mediante la alimentación a presión del gas. La presión debe mantenerse constante con la alimentación continua de hidrógeno, que es consumido a lo largo de la reacción. Se dispone de un medidor de la presión en el interior del tanque, que envía la información a través de un transmisor hacia un controlador/indicador de presión en la sala de control, encargado de regular la válvula de entrada del gas al reactor.

##### **16.7.4.4 Alarma PAH-504**

Situada en el lazo de control de presión 504, es una alarma de presión referida a un nivel alto de la misma, que indica a los operarios de un funcionamiento incorrecto o inusual de la reacción en el interior del equipo R-501.

##### **16.7.4.5 Válvulas de alivio PSV-502/503/509**

Son válvulas de seguridad empleadas tanto en el reactor como en el almacenamiento de hidrógeno gas y el evaporador, puesto que son equipos en los que se trabaja con presiones muy elevadas o con vapor de agua, y que por tanto necesitan un sistema de alivio en caso del funcionamiento incorrecto del equipo o en situaciones de funcionamiento anormal como el caso de sobrepresiones o de reacción incontrolada.

#### 16.7.4.6 Lazo de control KIC-506

Es el lazo encargado de la alimentación al evaporador donde se recupera el etanol para su reutilización como disolvente en la reacción de hidrogenación, así como de la descarga de este hacia el reactor R-701. Se actúa sobre una válvula en función del tiempo para conseguir el llenado del equipo mediante una carga predeterminada, y una vez transcurrido el tiempo necesario para la evaporación se procede a su descarga.

#### 16.7.4.7 Alarmas LAL-508 y LAH-507

Son alarmas de nivel referidas a un nivel bajo y alto, correspondientemente, en el evaporador E-501. Su función es indicar de un funcionamiento incorrecto del equipo a los operarios de planta.

#### 16.7.4.8 Lazo de control TIC-510

Es un lazo de control de temperatura, cuya función es medir la temperatura de la salida de vapor del evaporador, y de regular la entrada de vapor de agua al circuito de calentamiento. Para ello emplea un medidor de temperatura como un termopar o una RTD, y envía la información a un controlador encargado de regular la válvula de control de entrada de vapor.

#### 16.7.4.9 Lazo de control PIC-511

Es un lazo de control de presión, encargado de medir la presión en la corriente de salida de gases del evaporador, y que se encarga de regular la entrada del fluido de refrigeración para la condensación de este.

### **16.7.5 Sección de recuperación de etanol (A-600)**

#### 16.7.5.1 Lazo de control FIC-601

Este lazo controla el flujo de entrada a la columna de destilación C-601. Para ello dispone de un medidor de orificio que controla el caudal. El flujo es controlado mediante una válvula de control localizada sobre la alimentación a la columna.

#### 16.7.5.2 Lazo de control PIC-602

Este lazo de control permite manipular la presión en la columna de destilación. Es un lazo feedback sencillo, donde el sensor transmisor de presión realiza la medida en el interior de la columna de destilación, y la envía al controlador/indicador, situado en la sala de control, que compara el valor de presión con el punto de consigna y actúa sobre la válvula de presión correspondiente en caso de ser necesario, situada en la entrada de agua de refrigeración para la condensación de la corriente de cabezas, para aumentar o disminuir la presión.

#### 16.7.5.3 Lazo de control LIC-604/608

El primero de los lazos de control de nivel se encarga del control del nivel del tambor de reflujo, mientras que el segundo de los lazos citados es el encargado de controlar el nivel de

líquido en el calderín de la columna C-601. Para realizar el control, manipulan corrientes de salida del proceso, tanto la de cabezas para el tanque de reflujo, como la de colas para el control del nivel de líquido en el calderín.

#### 16.7.5.4 Lazos de control TIC-606/612

Estos lazos son los encargados de las corrientes de recirculación a la columna, tanto de colas como de cabezas. Los lazos de control de cabezas controlan la temperatura de esta zona de la columna para regular la cantidad de líquido a introducir, mientras que los lazos de recirculación de colas controlan el caudal de vapor de agua necesario para el calentamiento y correcto funcionamiento de la columna, asegurando la generación de vapor necesaria para mantener las condiciones óptimas en el interior de la columna.

#### 16.7.5.5 Alarmas LAH-609 y LAL-610/605

Alarmas referidas al nivel alto y bajo en el calderín de la columna de destilación, y la última de ellas referida a un nivel bajo en el tambor de reflujo. Como siempre que ocurre con la instalación de estas alarmas, su funcionamiento es avisar al operador de un funcionamiento incorrecto del sistema de control, y están situadas de forma separada del controlador de nivel para que, en caso de fallo, haya sistemas redundantes que adviertan del error.

#### 16.7.5.6 Indicadores de temperatura TI-607

Se instala en el primer plato de la columna de destilación, para realizar un control de la presión de salida de los vapores del calderín, y conocer así su composición. Sirve como comprobante del buen funcionamiento de la columna.

#### 16.7.5.7 Válvulas de alivio PSV-603/611

Elementos de seguridad situados en las columnas de destilación y demás equipos donde se trabaja con presiones elevadas o vapor de agua en la carcasa, como el caso de los reboilers de las columnas.

#### 16.7.5.8 Indicador de nivel LI-613

Instalado para indicar el nivel en el tanque de almacenamiento del etanol recuperado tras la destilación. Va asociado a una alarma de nivel referida al nivel alto de líquido en el depósito.

### **16.7.6 Sección de reacción: acetilación (A-700)**

#### 16.7.6.1 Lazo de control AIC-701

Este lazo de control de composición se encarga de regular la entrada de anhídrido acético a la mezcla del reactor, con el objetivo de que entre con una relación estequiométrica determinada con el para-aminofenol. Para ello realiza una medición de la composición a la entrada del reactor,



y envía una señal mediante el transmisor AT, que es recibida por un controlador/indicador de composición situado en la sala de control, que actúa sobre la válvula reguladora.

#### 16.7.6.2 Lazo de control TIC-702

Es el lazo de control encargado de controlar la temperatura en el interior del reactor R-701, que debe permanecer constante a lo largo del desarrollo de la reacción de acetilación. La medición de temperatura se realiza, como siempre, mediante termopares o RTD, y la señal se envía a un controlador/indicador de temperatura situado en la sala de control, encargado de actuar la válvula reguladora tanto de la línea que suministra el vapor de agua como la que suministra el agua de refrigeración, puesto que la reacción es exotérmica.

#### 16.7.6.3 Lazo de control KIC-703

Es un lazo de control de tiempo encargado de vaciar el reactor 703 una vez transcurrido el tiempo necesario para la conversión de los reactivos en paracetamol y para-aminofenol, que actúa la válvula reguladora de la conducción de salida de este.

#### 16.7.6.4 Lazo de control TIC-704

Es un lazo de control de temperatura encargado de la refrigeración del equipo C-701, con el objetivo de conseguir la precipitación de paracetamol. Para ello dispone de un sensor de temperatura y un transmisor que envía la medición a un controlador que se encarga de regular el caudal de entrada de agua de refrigeración actuando sobre una válvula de control.

#### 16.7.6.5 Lazo de control KIC-705

Este lazo de control se encarga del vaciado del cristalizador una vez terminado el tiempo fijado para la cristalización del paracetamol. Dispone de un transmisor del tiempo de funcionamiento del equipo, que envía la señal a un controlador e indicador de tiempo situado en la sala de control, encargado de actuar sobre la válvula de control a la salida del cristalizador.

### **16.7.7 Sección de purificación de paracetamol (A-800)**

#### 16.7.7.1 Lazo de control AIC-801

Este lazo de control es el encargado de mantener la proporción de paracetamol y agua necesarios para la disolución completa del mismo para la purificación con el negro de carbón, y para la posterior cristalización final. Mide la composición de la mezcla en el reactor, la transmite a un controlador/indicador de composición situado en la sala de control, y este se encarga de regular la entrada de agua al tanque V-801 actuando sobre una válvula de control.

#### 16.7.7.2 Lazos de control KIC-803/805

Son lazos de control de tiempo que se encargan de controlar la descarga del tanque de mezcla V-801 y del cristalizador C-801. Están formados por un transmisor del tiempo de

funcionamiento del equipo, que envía la señal a un controlador e indicador de tiempo encargado de activar la válvula a la salida del equipo.

#### 16.7.7.3 Lazo de control TIC-804

Este lazo de control de temperatura es el encargado de bajar la temperatura de la mezcla en el cristalizador C-801. Para ello emplea un medidor de temperatura y un transmisor que envía la información a un controlador que regula la entrada de agua de refrigeración actuando sobre la válvula de control.

### 16.8 Corrientes auxiliares

En el diagrama de instrumentación y tuberías presentado en el documento de planos se referencias las siguientes corrientes:

- *cws (cooling water supply)*: suministro de agua de refrigeración a una temperatura de 25°C.
- *cwr (cooling water return)*: retorno del agua de refrigeración a una temperatura máxima de 45°C.
- *rws (refrigerated water supply)*: suministro de agua refrigerada a una temperatura de 10°C.
- *rwr (refrigerated water return)*: retorno de agua refrigerada.
- *hps (high pressure steam)*: vapor de alta presión, empleado como medio calefactor y el cual se dispone a una temperatura de 250°C.
- *mps (medium pressure steam)*: vapor de media presión, empleado como medio calefactor, que se encuentra a una temperatura de 180°C.
- *lps (low pressure steam)*: vapor de baja presión empleado como medio calefactor, que se encuentra a una temperatura de 135°C.
- *bwh (boiled water high pressure)*: retorno de agua de los intercambiadores de calor que emplean como fluido calefactor vapor de agua a alta presión.
- *bwm (boiled water medium pressure)*: retorno de agua de los intercambiadores de calor que emplean como fluido calefactor vapor de agua a media presión.

- bwl (*boiled water low pressure*): retorno de agua de los intercambiadores de calor que emplean como fluido calefactor vapor de agua a baja presión.

## **17 SEGURIDAD EN DISEÑO Y EN OPERACIÓN**

### **17.1 Introducción**

Puesto que la seguridad es un requisito indispensable para la operación de una planta química, en este apartado se elaborará un inventario de las sustancias presentes en el proceso de producción de paracetamol, cuantificando las cantidades de las que se dispone, y se recopilará información sobre parámetros como la inflamabilidad y la peligrosidad asociada a estas. Se aportarán cálculos sobre las distancias de seguridad entre la instalación de los equipos situados en la planta, se incluye un estudio de reactividad química descontrolada mediante métodos simples y se realizará el dimensionamiento de una válvula de alivio.

### **17.2 Inventario de sustancias**

A la hora de la realización de este inventario se van a tener en cuenta las sustancias presentes en el proceso, y se recopilarán sus propiedades relacionadas con su inflamabilidad como:

- Punto flash: es la temperatura más baja a la cual los vapores formados a partir de un líquido pueden arder.
- Temperatura de autoignición: temperatura a partir de la cual una sustancia se puede incendiar sin necesitar de una fuente de ignición.
- Límite inferior de inflamabilidad/explosividad: es la más baja concentración de vapor o gas, como % en volumen de esa sustancia en aire, que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición, como puede ser una llama, una chispa eléctrica o calor.
- Límite superior de inflamabilidad/explosividad: Es la concentración más alta de vapor o gas, como % en volumen de esa sustancia en aire, que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición (llama, chispa eléctrica o calor)






En la Tabla 32 se presenta el inventario de sustancias junto con la clasificación según el Reglamento (CE) 1272/2008 del Parlamento Europeo, conocido como Reglamento REACH.









Tabla 32 Inventario de sustancias según CLP

Sustancia	Nº CAS	Indicación de peligro	Descripción del peligro	Clasificación en el Anexo I
<b>Fenol</b>	108-95-2	H331, H311 y H301	Toxicidad cutánea, oral y por inhalación categoría 3	H2
		H314	Irritación cutánea categoría 1B	
		H341	Sospechoso de provocar daños genéticos categoría 2	
		H373	Daños en órganos tras exposición prolongada categoría 2	
<b>Ácido nítrico 69%</b>	7697-37-2	H272	Líquido comburente categoría 3	P8
		H290	Corrosivo para metales categoría 1	
		H314	Irritación cutánea categoría 1A	
<b>Ácido Sulfúrico 98%</b>	7664-93-9	H290	Corrosivo para metales categoría 1	
		H314	Irritación cutánea A1	
<b>Bisulfito sódico</b>	7631-90-5	H302	Toxicidad aguda categoría 4	
<b>2-Nitrofenol</b>	88-75-5	H412	Toxicidad acuática crónica categoría 3	
<b>4-Nitrofenol</b>	100-02-7	H332, H312 y H302	Toxicidad cutánea, oral y por inhalación categoría 4	
		H373	Toxicidad específica en órganos categoría 2	
<b>Etanol</b>	64-17-5	H225	Líquido inflamable categoría 2	P5b
		H319	Irritación ocular categoría 2	
<b>Hidrógeno</b>	1333-74-0	H220	Gas inflamable categoría 1	P2
<b>Pt/C 5%</b>	7440-44-0 7440-06-4	H228	Sólido inflamable	
<b>Ácido Acético</b>	64-19-7	H226	Líquido inflamable, categoría 3	P5c
		H290	Corrosivo para metales categoría 1	
		H314	Irritación cutánea categoría A1	
<b>p-Aminofenol</b>	123-30-8	H302 y H332	Nocivo en caso de ingestión o inhalación categoría 4	
		H317	Sensibilización cutánea categoría 1	
		H341	Mutagenicidad en células germinales categoría 2	
		H373	Toxicidad específica en órganos categoría 2	

		H410	Toxicidad acuática crónica categoría 1	E1
<b>Anhídrido acético</b>	108-24-7	H226	Líquidos y vapores inflamables categoría 3	P5c
		H302	Nocivo en caso de ingestión categoría 4	
		H314	Corrosión cutánea categoría 1B	
		H330	Toxicidad aguda por inhalación, categoría 2	H2
<b>Paracetamol</b>	103-90-2	H302	Toxicidad aguda categoría 4	
<b>H<sub>2</sub>O</b>	7732-18-5	No clasificado		
<b>N<sub>2</sub></b>	7727-37-9	No clasificado		

Tabla 33 Clasificación de sustancias según Seveso

Sustancia	Categoría	Pictograma	Columna 2 (ton)	Columna 3 (ton)	Cantidad (ton)
Fenol	H2		50	200	168
Ácido nítrico 69%	P8		50	200	109
Ácido Sulfúrico 98%					
Bisulfito sódico					
4-Nitrofenol					

					
Etanol	P5b		50	200	97
hidrógeno	P2		10	50	16,8
Pt/C 5%					
Ácido Acético	P5c		5.000	50.000	79,84
p-Aminofenol	E1		100	200	147
Anhídrido acético	P5c H2		50	200	168
Paracetamol					






Para realizar la clasificación se tiene en cuenta, además de la cantidad presente en el proceso de forma continua de manera aproximada, lo que se entiende como cantidad de diseño (como el etanol, que se recupera en gran parte mediante destilación y la alimentación fresca es mucho menor que la recirculada), así como el almacenamiento de reactivos y productos para dos

semanas de producción. De todas formas, las cantidades empleadas son aproximadas, puesto que en la estimación no se tienen en cuenta la cantidad que se encuentra en algunas tuberías y equipos secundarios, por lo que la cantidad real será algo mayor que la considerada.

Aun así, todos los compuestos clasificados como sustancias peligrosas se encuentran en cantidades superiores a las indicadas en la columna 2, pero se encuentran por debajo de las cantidades indicadas en la columna 3, por lo que la instalación se clasifica como Establecimiento SEVESO de nivel inferior.

Por tratarse de un establecimiento de nivel inferior será necesario elaborar una serie de documentación relacionada con información administrativa que viene especificada en el Artículo 7 del Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre.

Tabla 34 Leyenda de pictogramas

<b>Pictograma</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
	Gas bajo presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.</li> <li>• Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.</li> </ul>
	Materiales sólidos inflamables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas extremadamente inflamable.</li> <li>• Aerosol extremadamente inflamable.</li> <li>• Líquido y vapores muy inflamables.</li> <li>• Líquido y vapores inflamables.</li> <li>• Sólidos inflamables.</li> </ul>
	Materias comburentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que originan reacciones fuertemente exotérmicas.</li> </ul>
	Materiales explosivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustancias que pueden deflagar.</li> <li>• Sustancias que pueden explotar espontáneamente.</li> </ul>
	Materiales corrosivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser corrosivo para los metales.</li> <li>• Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.</li> </ul>



	Toxicidad aguda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede irritar las vías respiratorias.</li> <li>• Puede provocar somnolencia o vértigo.</li> <li>• Puede provocar una reacción alérgica en la piel.</li> <li>• Provoca irritación ocular grave.</li> <li>• Provoca irritación cutánea.</li> <li>• Nocivo en caso de ingestión.</li> <li>• Nocivo en contacto con la piel.</li> <li>• Nocivo en caso de inhalación.</li> <li>• Nociva para la salud pública y el medio ambiente por destruir el ozono estratosférico.</li> </ul>
	Toxicidad aguda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustancias con efectos muy graves e irreversibles para la salud.</li> </ul>
	Peligro mutágeno, respiratorio, cancerígeno o para la reproducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.</li> <li>• Perjudica a determinados órganos.</li> <li>• Puede perjudicar la fertilidad o al feto.</li> <li>• Se sospecha que daña la fertilidad o al feto.</li> <li>• Producto carcinógeno.</li> <li>• Se sospecha que provoca cáncer.</li> <li>• Puede provocar defectos genéticos.</li> <li>• Se sospecha que provoca defectos genéticos.</li> <li>• Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.</li> </ul>
	Peligro para el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de sustancias altamente perjudiciales para el medio ambiente.</li> <li>• Sustancias que provocan toxicidad acuática.</li> </ul>

### 17.3 Estudio de afectación

En este apartado se clasificará la instalación en función de la normativa referente a las instalaciones industriales situadas en territorio español. Se consultará la normativa vigente y se comprobará, para cada uno de los textos legales pertinentes, si la instalación cumple alguno de los requisitos presentes en el ámbito de aplicación. Los ámbitos de aplicación de cada normativa se presentan a continuación, y se analizará si la legislación es aplicable a la planta en cada caso.

Se aplicará el Reglamento de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos (RD 919/2006) debe ser aplicado puesto que se emplean combustibles gaseosos. De acuerdo con lo expuesto en el artículo 2, apartado h, el reglamento aplica a las instalaciones constituidas por el conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la llave de acometida, excluida, y las llaves de conexión de los diferentes equipos, estas sí incluidas.

No es de aplicación el Reglamento sobre Instalaciones Petrolíferas (RD 2085/1994), puesto que la instalación en cuestión no se encuentra en el artículo 2 de este Reglamento, referido al campo de aplicación. De igual manera se descarta la aplicación del Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas y sus ITCs (RD 138/2011) por no encontrarse ninguna instalación de este tipo en la planta en cuestión. Lo mismo ocurre con el Reglamento para el Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico (RD 888/2006), en cuyo artículo 2 no se encuentra una referencia sobre su aplicación a un tipo de planta como la de producción de paracetamol. De igual manera, no se aplicará el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RD 513/2017) al no tratarse de una planta instaladora ni mantenedora de instalaciones de este tipo, y el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (RD 1890/2008) tampoco se encuentra recogida la instalación en el ámbito de aplicación.

No va a ser de aplicación el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus ITCs (RD 223/2008) por no disponer de redes de alta tensión en el interior de la instalación, como se indica en el artículo 2 de dicho Reglamento. De igual forma, el Real Decreto sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio (RD 2102/1996) no es aplicable ya que esta instalación no se recoge en el ámbito de aplicación mostrado en el artículo 2 de dicho Real Decreto.

En cuanto al Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) que se recoge en el RD 842/2002 y modificado por el RD 1053/2014 y el RD 560/2010 es de aplicación, puesto que en el campo de aplicación mostrado en el artículo 2, referido al campo de aplicación, se incluyen las instalaciones que distribuyan energía eléctrica, a las generadoras de electricidad para consumo propio y a las receptoras, con una tensión nominal inferior o igual a 1.000 V en corriente alterna o 1.500 V en corriente continua. La planta es alimentada por una tensión menor de 1.000 V y se trata de una instalación receptora, por lo que se encuentra dentro del ámbito de aplicación.

De igual forma, por encontrarse la planta dentro del ámbito de aplicación de su artículo 2, es de aplicación el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos que es recogido en el RD 379/2001 y es modificado por el RD 105/2010. Según el mismo, el reglamento incluye a las instalaciones con almacenamiento, carga, descarga y trasiego de productos químicos

peligrosos, entendiendo por tales las sustancias consideradas peligrosas por el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Se aplicará también el Reglamento de equipos a presión (RD 2060/2008) por disponer en la planta de equipos a presión sometidos a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar, tal y como se recoge el apartado 2 del artículo 1 de este reglamento. De igual forma, aplica el Reglamento sobre seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004 modificado por RD 560/2010) puesto que aparece recogido en el artículo 2 del mismo su aplicación sobre establecimientos industriales, entendiendo como tales las industrias tal como se definen en el artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

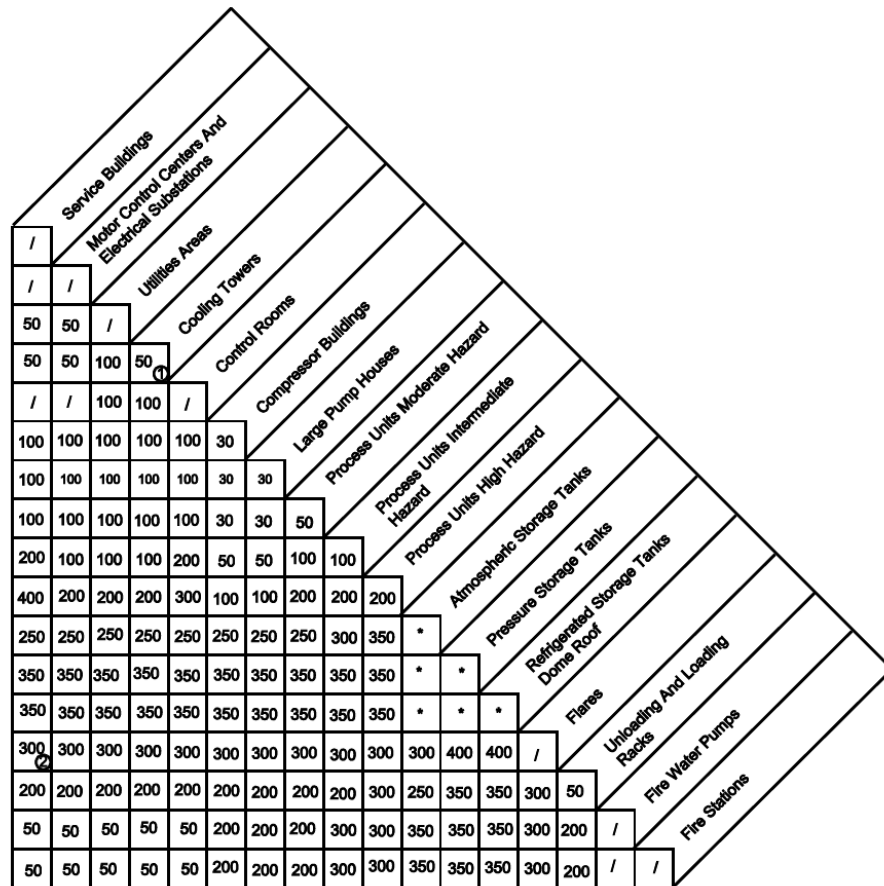
En la Tabla 35 se recogen todos los Reglamentos y su aplicación o no aplicación a la planta de producción de paracetamol.

*Tabla 35 Aplicación de la legislación relativa a instalaciones industriales*

<b>Legislación</b>	<b>Aplica</b>
Reglamento de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos (RD 919/2006)	Sí
Reglamento sobre Instalaciones Petrolíferas (RD 2085/1994)	No
Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (RD 138/2011)	No
Reglamento para el Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico (RD 888/2006)	No
Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RD 513/2017)	No
Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (RD 1890/2008)	No
Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión (RD 223/2008)	No
Real Decreto sobre el control de emisiones de COVs resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina (RD 2102/1996)	No
Reglamento electrotécnico de baja tensión (RD 842/2002)	Sí
Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RD 379/2001)	Sí
Reglamento de equipos a presión (RD 2060/2008)	Sí
Reglamento sobre seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004)	Sí

## 17.4 Distancias de seguridad entre equipos

Para la realización de los cálculos de las distancias de seguridad mínimas necesarias entre equipos situados en la planta industrial, se emplean recomendaciones proporcionadas por *Global Asset Protection Services* (GAPS) para plantas de refino de petróleo y químicos.



*Figura 44 Distancias de seguridad entre bloques recomendadas (en ft)*

En la planta de producción de paracetamol se considerará que existen los siguientes bloques:

- Edificios de servicios: lugar donde están localizadas las oficinas, comedores o vestuarios para el personal de planta, entre otros.
- Área de utilidades: los equipos encargados de la generación de vapor y aire comprimido empleados en la instalación se encuentran centralizados en esta área.
- Sala de control: lugar donde se monitoriza el proceso de producción y se comprueba el correcto funcionamiento de los equipos en la instalación.
- Unidades de proceso de riesgo intermedio:
- Tanques de almacenamiento a presión atmosférica: en ella se encuentran almacenamientos como el de ácido sulfúrico, ácido nítrico o fenol.

- Tanques de almacenamiento a presión: donde se encuentra, por ejemplo, el almacenamiento de hidrógeno.
- Antorcha: empleada para la quema de las emisiones gaseosas de los equipos por venteo.
- Servicios de protección contra incendios.

Para el caso de la distancia de seguridad entre equipos, la recomendación se muestra en la Figura 48.

Compressors														
Intermediate Hazard Pumps														High Hazard Pumps
High Hazard Reactors													Intermediate Hazard Reactors	
Moderate Hazard Reactors												Columns, Accumulators, Drums		
Rundown Tanks											Fired Heaters, Incinerators, Oxidizers			
Air Cooled Heat Exchanger										Heat Exchangers				
Pipe Racks									Emergency Exchangers					
Unit Block Valves								Analyzer Rooms						
30														
30	5													
50	5	5												
50	10	15	25											
50	10	15	25	15										
50	10	15	25	15	15									
50	10	15	50	25	25	15								
100	100	100	100	100	100	100	100							
50	50	50	50	50	50	50	50	100	25					
30	15	15	25	15	15	15	100	50	/					
30	10	15	25	15	10	10	100	50	15	5				
30	10	15	25	15	10	10	100	50	/	10	/			
50	50	50	100	50	50	50	100	50	50	50	50	/		
50	50	50	100	50	50	50	100	50	50	50	50	/	/	
50	50	50	50	50	50	50	100	50	50	50	50	/	/	/

Figura 45 Distancias de seguridad entre equipos recomendadas (en ft)

Tabla 36 Distancias de seguridad en planta (en m)

	R-201	R-202	CT-201	V-301	T-301	E-301 A/B	V-302	P-301 A/B	P-302 A/B	E-302 A/B	P-303 A/B	P-304 A/B	V-303	T-302	V-304	P-305 A/B	P-306 A/B	E-304 A/B	P-307 A/B	P-308 A/B	V-305	T-303	E-305 A/B	V-306	P-309 A/B	P-310 A/B	E-306 A/B	P-311 A/B	P-312 A/B	V-307	E-401 A/B	V-401	V-402
R-201																																	
R-202	4,6																																
CT-201	3	3																															
V-301	7,6	7,6	3																														
T-301	7,6	7,6	3	4,6																													
E-301 A/B	3	3	3	3	3																												
V-302	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3																											
P-301 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3																										
P-302 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5																									
E-302 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3																								
P-303 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3																							
P-304 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5																						
V-303	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3																					
T-302	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6																				
V-304	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6																			
P-305 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3																		
P-306 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5																	
E-304 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3																
P-307 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3															
P-308 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5														
V-305	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3													
T-303	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6												
E-305 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3											
V-306	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3										
P-309 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3								
P-310 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	1,5								
E-306 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3							
P-311 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3						
P-312 A/B	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5					
V-307	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	3			
E-401 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3		
V-401	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3		
V-402	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	

Tabla 37 Distancias de seguridad en planta (en m)

	R-201	R-202	CT-201	V-301	T-301	E-301 A/B	V-302	P-301 A/B	P-302 A/B	E-302 A/B	P-303 A/B	P-304 A/B	V-303	T-302	V-304	P-305 A/B	P-306 A/B	E-304 A/B	P-307 A/B	P-308 A/B	V-305	T-303	E-305 A/B	V-306	P-309 A/B	P-310 A/B	E-306 A/B	P-311 A/B	P-312 A/B	V-307	E-401 A/B	V-401	V-402
T-401	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
E-402 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3
V-403	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
V-404	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
D-401	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
V-405	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
D-402	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
C-401	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
CT-41	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
V-406	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
R-501	4,6	4,6	3	15	15	4,6	15	3	3	4,6	3	3	15	15	15	3	3	4,6	3	3	15	15		15	3	3	4,6	3	3	15	4,6	15	15
F-501	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
V-501	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
V-502	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
E-501 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3
E-502 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3
V-601	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
T-601	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
E-601 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3
P-601 A/B	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
P-602 A/B	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
E-602 A/B	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3	3	1,5	3	3
P-603 A/B	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
P-604 A/B	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
V-603	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
R-701	4,6	4,6	3	7,6	7,6	4,6	7,6	3	3	4,6	3	3	7,6	7,6	7,6	3	3	4,6	3	3	7,6	7,6	4,6	7,6	3	3	4,6	3	3	7,6	4,6	7,6	7,6
C-701	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
F-701	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
V-801	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
F-801	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3
C-801	7,6	7,6	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	4,6	3	3	3	3	3	4,6	4,6	3	4,6	3	3	3	3	3	4,6	3	4,6	4,6
F-802	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3

Tabla 38 Distancias de seguridad en planta (en m)

	T-401	E-402 A/B	V-403	V-404	D-401	V-405	D-402	C-401	CT-401	V-406	R-501	F-501	V-501	V-502	E-501 A/B	E-502 A/B	V-601	T-601	E-601 A/B	P-601 A/B	P-602 A/B	E-602 A/B	P-603 A/B	P-604 A/B	V-603	R-701	C-701	F-701	V-801	F-801	C-801	F-802
T-401																																
E-402 A/B	3																															
V-403	4,6	3																														
V-404	4,6	3	4,6																													
D-401	4,6	3	4,6	4,6																												
V-405	4,6	3	4,6	4,6	4,6																											
D-402	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6																										
C-401	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6																									
CT-401	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6																								
V-406	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3																							
R-501	15	7,6	15	15	15	15	15	15	3	15																						
F-501	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3																					
V-501	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3																				
V-502	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6																			
E-501 A/B	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	7,6	3	3	3																		
E-502 A/B	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	7,6	3	3	3	1,5																	
V-601	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3																
T-601	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3	4,6															
E-601 A/B	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	7,6	3	3	3	1,5	1,5	3	3														
P-601 A/B	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3													
P-602 A/B	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5													
E-602 A/B	3	1,5	3	3	3	3	3	3	3	3	7,6	3	3	3	1,5	1,5	3	3	1,5	3	3											
P-603 A/B	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3											
P-604 A/B	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5										
V-603	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3	4,6	4,6	3	3	3	3	3	3	3							
R-701	7,6	4,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	3	7,6	7,6	3	7,6	7,6	4,6	4,6	7,6	7,6	4,6	3	3	3	4,6	3	3	7,6						
C-701	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3	4,6	4,6	3	3	3	3	3	3	3	4,6	7,6					
F-701	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3					
V-801	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3	4,6	4,6	3	3	3	3	3	3	3	4,6	7,6	4,6				
F-801	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	1,5	3			
C-801	4,6	3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	3	4,6	15	3	4,6	4,6	3	3	4,6	4,6	3	3	3	3	3	3	3	4,6	7,6	4,6	3	4,6	3	
F-802	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	3	1,5	3	3	1,5	



## 17.5 Estudio de reactividad química descontrolada

En el proceso de producción de paracetamol intervienen multitud de sustancias químicas que presentan diferentes reactividades, por lo que es necesario controlar en todo momento las condiciones de operación para evitar reacciones indeseadas. Se debe prestar especial atención a este aspecto en caso de fugas en la planta, cuando unas especies pueden encontrarse en condiciones muy diferentes a las de diseño del proceso.

Las reacciones fuera de control representan un riesgo para las instalaciones, los trabajadores y el medio ambiente, y se caracterizan por la liberación de gran cantidad de energía en un período corto de tiempo. Asociado a la reacción química suelen emitirse sustancias tóxicas o corrosivas, y la generación de gases puede provocar sobrepresiones en el sistema.

De manera habitual, existen cinco escenarios que engloban las reacciones químicas descontroladas: reacciones violentas con aire, con agua, incompatibilidad química, descomposición y polimerización.

Lo primero que se realizará será una clasificación NFPA de las sustancias.

### 17.5.1 Clasificación de compuestos según NFPA

En esta clasificación, establecida por la NFPA 704, la norma estadounidense establecida por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (*National Fire Protection Association*), se emplean cuatro categorías de peligrosidad para caracterizar una sustancia: inflamabilidad, reactividad, riesgos a la salud y riesgo específico. Se emplean diagramas, que están conformados por cuatro divisiones acompañadas de un color característico; y a cada una de ellas se asocia un significado.



Figura 46 Definición de los niveles de peligrosidad según la clasificación NFPA 704

Tabla 39 Clasificación NFPA de las sustancias del proceso

Sustancia	Clasificación NFPA			
	Riesgos a la salud	Inflamabilidad	Reactividad	Riesgo específico
Fenol	4	2	0	
Ácido nítrico 69%	4	0	1	Oxidante
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3	0	0	Oxidante
Ácido Sulfúrico 98%	3	0	2	Agua
Bisulfito sódico	0	0	0	
2-nitrofenol	0	0	0	
4-Nitrofenol	3	1	2	
Etanol	2	3	0	
H <sub>2</sub>	0	4	0	
Platino	0	0	0	
Carbono activado	0	0	0	
p-Aminofenol	0	0	0	
Anhídrido acético	3	2	1	
Ácido Acético	3	2	0	
Paracetamol	0	0	0	
Aire	0	0	0	
H <sub>2</sub> O	0	0	0	
N <sub>2</sub>	0	0	0	

### 17.5.2 Matriz de compatibilidad química

La matriz de compatibilidad química es una representación gráfica que permite visualizar las interacciones que pueden tener lugar entre los diferentes compuestos introducidos y su peligrosidad. Para su elaboración se deben tener en cuenta los parámetros de reactividad, inflamabilidad y salud mostrados en la clasificación NFPA de las sustancias. La matriz mostrada

en la Figura 50 ha sido elaborada empleando el programa Chemical Reactivity Worksheet, desarrollado por NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

Print Chart																					
Export Chart Data																					
NFPA				Chemical Pairs																	
Health	Flammability	Instability	Special	paracetamol Compatibility Chart																	
				2-NITROPHENOL	4-HYDROXYACETANILIDE	4-NITROPHENOL	ACETIC ACID, GLACIAL	ACETIC ANHYDRIDE	AIR, COMPRESSED	CARBON, ACTIVATED	ETHANOL	HYDROGEN	NITRIC ACID, RED FUMING	NITROGEN	NITROGEN TETROXIDE	P-AMINOPHENOL	PHENOL, LIQUID	PLATINUM	SODIUM BISULFITE SOLUTION	SULFURIC ACID	WATER
				2-NITROPHENOL																	
				4-HYDROXYACETANILIDE	Y																
3	1	2		4-NITROPHENOL	Y	Y															
3	2	0		ACETIC ACID, GLACIAL	C	Y	C														
3	2	1		ACETIC ANHYDRIDE	N	N	N	C													
				AIR, COMPRESSED	C	C	C	C	C												
				CARBON, ACTIVATED	N	Y	N	Y	Y	C											
2	3	0		ETHANOL	Y	Y	Y	N	C	C	C										
0	4	0		HYDROGEN	N	Y	N	Y	Y	C	Y	C									
4	0	1	Oxidizer	NITRIC ACID, RED FUMING	N	N	N	N	N	C	N	N	N								
				NITROGEN	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y								
3	0	0	Oxidizer	NITROGEN TETROXIDE	N	N	N	N	N	C	N	N	N	N	Y						
				P-AMINOPHENOL	N	C	N	C	N	C	Y	Y	Y	N	Y	N					
4	2	0		PHENOL, LIQUID	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	C				
				PLATINUM	C	Y	C	C	N	C	N	Y	N	N	Y	N	C	Y			
				SODIUM BISULFITE SOLUTION	N	C	N	C	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	C	Y	N		
3	0	2	No	SULFURIC ACID	N	N	N	N	N	C	N	N	N	C	Y	N	N	N	N	N	
				WATER	Y	C	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	C	Y	N	C	Y	Y	Y	C

Figura 47 Cuadro de compatibilidad química de las sustancias que participan en el proceso de producción industrial de paracetamol

En la Figura 50 se observa que existen multitud de compuestos que dan lugar a mezclas reactivas peligrosas. Entre los compuestos que presentan mayor número de combinaciones peligrosas con otros compuestos destacan:

- Anhídrido acético: es un compuesto cuya principal peligrosidad procede de la reacción de este con agua, que sucede de forma especialmente violenta, sobre todo en presencia de ácidos minerales como el ácido nítrico o sulfúrico, ambos presentes en forma de disolución acuosa en el proceso de producción de paracetamol, aunque en una zona de reacción diferente que el anhídrido acético. Presenta reacciones exotérmicas con la mayoría de compuestos presentes en el proceso como: 2-nitrofenol, paracetamol, 4-nitrofenol, fenol, p-aminofenol y el platino, reacciones que a su vez presentan el riesgo de causar presurización del

sistema en numerosos casos. Por otra parte, la reacción entre el anhídrido acético y el tetraóxido de nitrógeno puede ser muy violenta y explosiva, como ocurre con la reacción con el bisulfito sódico, con el añadido de que en este último caso los productos generados pueden presentar una alta toxicidad.

- Ácido nítrico: el principal peligro de este compuesto proviene de sus propiedades oxidantes, y por ello presenta incompatibilidad con todos los productos susceptibles de ser oxidados, con los que da lugar a reacciones exotérmicas y generalmente violentas. En la mayor parte de los casos aparece asociada la posibilidad de generar presurización del sistema y de generar productos explosivos o inflamables.
- Tetraóxido de nitrógeno: es a su vez un compuesto oxidante, propiedad que permite conocer la reactividad que caracteriza a este compuesto. En las reacciones con agua libera ácido nítrico y óxido nítrico. Siendo un agente oxidante, reacciona con agentes reductores generando calor y productos que pueden ser gaseosos, por lo que generaran presurización en el sistema. En la tabla de compatibilidad mostrada se puede observar que las reacciones con todos los compuestos presentes en el proceso de producción de paracetamol excepto con el nitrógeno, la reacción es indicada como peligrosa.
- Ácido sulfúrico: la reacción con agua sólo presenta peligro en caso de que la concentración de ácido sea superior al 80-90%, donde el calor generado puede ser muy elevado y provocar quemaduras severas. Es además un ácido fuerte, que presenta incompatibilidad con numerosos compuestos presentes en el proceso, como: 2-nitrofenol, 4-nitrofenol, paracetamol, p-aminofenol, fenol o bisulfito sódico. En todos los casos se dan reacciones con liberación de calor, probabilidad de presurización por la liberación de productos gaseosos, y peligros por la inflamabilidad o la explosividad de estos compuestos generados. Destacar en especial el caso del fenol, el ácido nítrico y el tetraóxido de nitrógeno, con los que participa en la reacción de nitración para dar lugar al p-nitrofenol.
- Carbono activado: presenta reacciones peligrosas, además de con los agentes oxidantes ya mencionados, con el orto y el para-nitrofenol, con los que el software empleado indica que existe una alta probabilidad de existir una reactividad descontrolada, pero sin especificar el tipo de peligro, más allá de la presurización del sistema y la generación de productos inflamables. Se destacan estos casos puesto que el carbono participa como soporte del catalizador en la reacción de hidrogenación del para-nitrofenol.

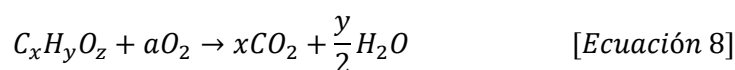
- Hidrógeno: aunque presenta compatibilidad con la mayor parte de las sustancias, no es así en el caso del o-nitrofenol, p-nitrofenol, platino y los agentes oxidantes y ácidos. El hidrógeno interviene junto con el para-nitrofenol y con el platino (presente como catalizador) en la reacción de hidrogenación para la obtención de p-aminofenol, y con estos compuestos presenta la posibilidad de generar presurización del sistema y productos inflamables, y con el platino reacciona de forma exotérmica y violenta.
- Ácido acético: presenta reacciones peligrosas con el etanol, al ácido nítrico, el tetraóxido de dinitrógeno y el ácido sulfúrico, todos estos casos con reacciones exotérmicas y violentas.

### 17.5.3 Criterio del balance de oxígeno

Este criterio fue establecido por Lathropy Handrick y es aplicable a sustancias orgánicas de la fórmula estequiométrica  $C_xH_yO_z$ , calculando mediante la ecuación 7 el porcentaje de oxígeno que es necesario añadir para reaccionar con la masa de sustancia para que esta se pueda oxidar de forma completa. En caso de que la sustancia contenga suficiente oxígeno en su estructura molecular, el balance dará nulo y podría ser considerada como un compuesto especialmente peligroso. (Bestratén Belloví)

$$B.O. = \left( z - 2x - \frac{y}{2} \right) \cdot \frac{16}{M} \cdot 100 \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Donde M es la masa molecular de la sustancia. Esta ecuación se origina del balance de materia de la reacción de combustión mostrada en la ecuación 8.



El criterio que seguir en función del resultado obtenido en el balance de oxígeno se muestra en la tabla 40:

*Tabla 40 Niveles para la cuantificación del riesgo mediante el criterio del balance de oxígeno*

Balance de oxígeno	Riesgo
$B.O. < -240$ & $B.O. > 160$	Bajo
$-240 < B.O. < -120$ & $80 < B.O. < 160$	Medio
$-120 < B.O. < 80$	Alto

Aplicando el criterio del balance de oxígeno a las moléculas orgánicas empleadas en el proceso de producción de paracetamol se obtiene el resultado mostrado en la tabla 41.

*Tabla 41 Resultados del balance de oxígeno para la evaluación de riesgo de la planta de producción de paracetamol*

Molécula	B.O. (%)	Riesgo
Orto y para-Nitrofenol ( $C_6H_5NO_3$ )	-132	Medio
Paracetamol ( $C_8H_9NO_2$ )	-195	Medio
p-Aminofenol ( $C_6H_7NO$ )	-213	Medio
Etanol ( $C_2H_6O$ )	-208	Medio
Anhídrido acético ( $C_4H_6O_3$ )	-125	Medio

En base a los resultados obtenidos, y viendo que el riesgo de las sustancias orgánicas susceptibles de ser oxidadas se mantiene en un valor medio según el criterio aportado, el sistema reactivo del proceso se considerará de riesgo medio también.

#### 17.5.4 Índice de riesgo para reacciones fuera de control

Es un índice propuesto en el año 1992 por Vílchez y Casal que permite identificar posibles escenarios de reacciones fuera de control empleando para ello un índice que contempla la naturaleza exotérmica de la reacción, así como otros factores de riesgo y factores bonificadores, empleados en la ecuación 9.

$$IP = IE \frac{1 + \sum FR}{1 + \sum FB} \quad [Ecuación 9]$$

Donde:

- IE es un índice energético, que cuantifica cuán exotérmica es la reacción.
- IP es el índice de riesgo, con una escala entre 0 y 100 aproximadamente.
- FR son los factores de riesgo.
- FB son los factores bonificadores.

Los factores e índices empleados para la realización de los cálculos se muestran en la tabla 42.

Tabla 42 Factores para el cálculo del índice de riesgo para reacciones fuera de control

<b>Exotermicidad de la reacción</b>	<b>IE</b>
Muy exotérmica	10
Exotérmica	8
Moderadamente exotérmica	6
Poco exotérmica	4
Muy poco exotérmica	2
<b>Condición</b>	<b>FR</b>
Proceso discontinuo	3,2
Planta multiproducto	1
Equipos	0
Reactor	3,2
Depósito	1,2
Otros	0,6
<b>Condición</b>	<b>FB</b>
Sistema de refrigeración fiable	0,11
Sistema automático para el control de caudal	0,08
Información de ingeniería	0,07
Manuales de operación	0,06
Energía de emergencia para control	0,06
Refrigeración de emergencia física	0,02

En la planta de producción de paracetamol se encuentran tres reacciones: nitración de fenol, hidrogenación de para-nitrofenol y acetilación de para-aminofenol. En todos los casos se trata de reacciones exotérmicas, en mayor o menor grado, por lo que se estudiará en índice de riesgo es los tres casos. Como factores de riesgo en todos los casos se considerarán la ocurrencia dentro de un reactor y en un proceso discontinuo. Como contrapartida, en los factores de bonificación se considerará la existencia de un sistema de refrigeración fiable, información de ingeniería y manuales de operación, así como una fuente de energía de emergencia para el sistema de control del proceso.

Los resultados obtenidos para los tres reactores del proceso se muestran en la tabla 43.

Tabla 43 Índice de riesgo de los reactores en la planta de producción de paracetamol

Unidad	IE	FR	FB	IR
<b>R-201</b>	6	6,4	0,30	34,16
<b>R-501</b>	8	6,4	0,30	45,5
<b>R-701</b>	2	6,4	0,30	11,3

En todos los casos se encuentra en un riesgo medio-bajo para las reacciones llevadas a cabo, siendo el reactor que presenta un mayor peligro el reactor R-501, en el que se lleva a cabo la reacción de nitración de para-nitrofenol.

### 17.6 Índice DOW de incendio y explosión

En este apartado se realizará el cálculo del índice DOW de incendio y explosión para el reactor R-501, el indicado como el reactor con mayor riesgo en los estudios realizados previamente. Se trata de una técnica sencilla que sirve para acotar distancias de seguridad y estimar posibles daños que se producirían en la planta en caso de un accidente grave en esta unidad. Se empleará una plantilla proporcionada por Dow Chemical y adaptada por Mapfre, mostrada en la Tabla 44.

A continuación, se muestran los factores considerados para la realización de este índice, siguiendo las indicaciones proporcionadas por la *Guía para la clasificación de riesgos* del Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo. (Centro de investigación y Asistencia Técnica (INSHT), 1980)

#### 17.6.1 Determinación del factor de material

Para el cálculo del factor de material es necesario conocer los índices de reactividad e inflamabilidad de los compuestos presentes en la mezcla en el interior del reactor. Para su determinación se deben emplear estudios termodinámicos del sistema para conocer en cada caso el punto de inflamación o la energía de combustión, pero como primera aproximación se realizará una media ponderada (en % en peso) de los compuestos de la mezcla. En este caso, como la composición varía a lo largo del tiempo, se calculará al inicio y al final y se empleará el caso más desfavorable.

#### 17.6.2 Determinación de los riesgos generales del proceso

Las consideraciones para la estimación de los diferentes parámetros son las siguientes:

- Reacciones exotérmicas: la reacción de hidrogenación llevada a cabo en el reactor R-701 es altamente exotérmica. Debido a que este tipo de reacciones se



encuentran entre los casos propuestos por la guía, se aplicará la penalización recomendada, de 0,30.

- Reacciones endotérmicas: debido a que la reacción es de naturaleza exotérmica, no se tendrá en cuenta esta penalización.
- Manejo y transferencia de materiales: el reactor estudiado sigue un funcionamiento discontinuo, por lo que necesita procesos de carga y descarga. Si se acude a la guía, se comprueba que en caso de que exista carga y descarga de un líquido inflamable de clase 1 (punto de inflamación menor de 37,8°C) se aplicará una penalización de 0,50. Al emplear etanol como medio de reacción, y al tener este un punto de inflamación de 12°C, se considerará dicha penalización.
- Unidades de proceso en locales cerrados: no se añadirá una penalización puesto que se trata de una instalación al aire libre.
- Acceso: se considerará que se dispone de acceso al área de trabajo por al menos dos lados de la unidad.
- Drenajes: puesto que se trabaja con una mezcla con líquido en el reactor, se debe considerar que el 75% de la cantidad máxima de líquido inflamable puede verterse. Si la cantidad vertida, junto con el agua utilizada contra el incendio, es conducida hacia una piscina para su recogida, alejada de la unidad de proceso, la penalización es de 0,25.

### **17.6.3 Riesgos especiales del proceso**

Referidos a las condiciones de operación de las diferentes unidades del proceso, compuestos químicos presentes e interacciones con otros equipos. Los siguientes parámetros se han tenido en cuenta:

- Temperatura de proceso: se trabaja a 80°C, una temperatura superior al punto de inflamabilidad del etanol, por lo que se considerará una penalización de 0,30 por superar el límite de inflamabilidad.
- Presión baja: en la unidad no se trabaja a una presión menor a la atmosférica.
- Operación en condiciones de inflamabilidad: puesto que el proceso se encuentra en condiciones de inflamabilidad, se considera la penalización de 0,80.
- Explosión de polvo: esta penalización se debe aplicar a cualquier operación que incluya el manejo, trasvase, mezcla, trituración o ensacado de polvo. Puesto que es el tamaño del polvo el que determina la energía desarrollada en la ignición y

por tanto la penalización, y teniendo en cuenta que el tamaño de las partículas de catalizador Pt/C se considera menor de 75  $\mu\text{m}$ , la penalización será de 2.

- Presión de alivio: se tiene un gas a presión en el interior del reactor, y la presión de tarado es de 4,4 MPa (640 psig), por lo que la penalización se obtiene a partir de la figura 51, y teniendo en cuenta que es un gas comprimido, la penalización debe aumentarse en un 20%. Por ello la penalización final es de 0,9.

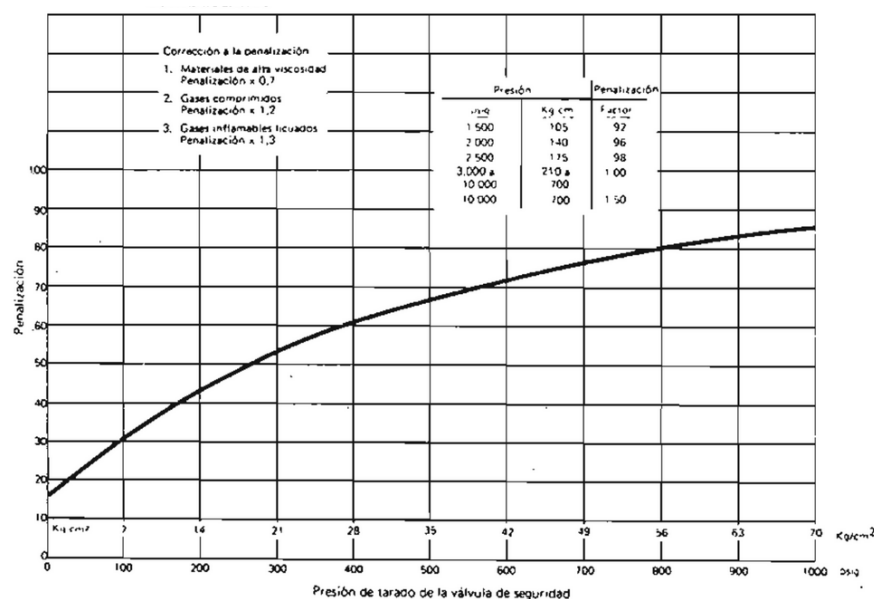


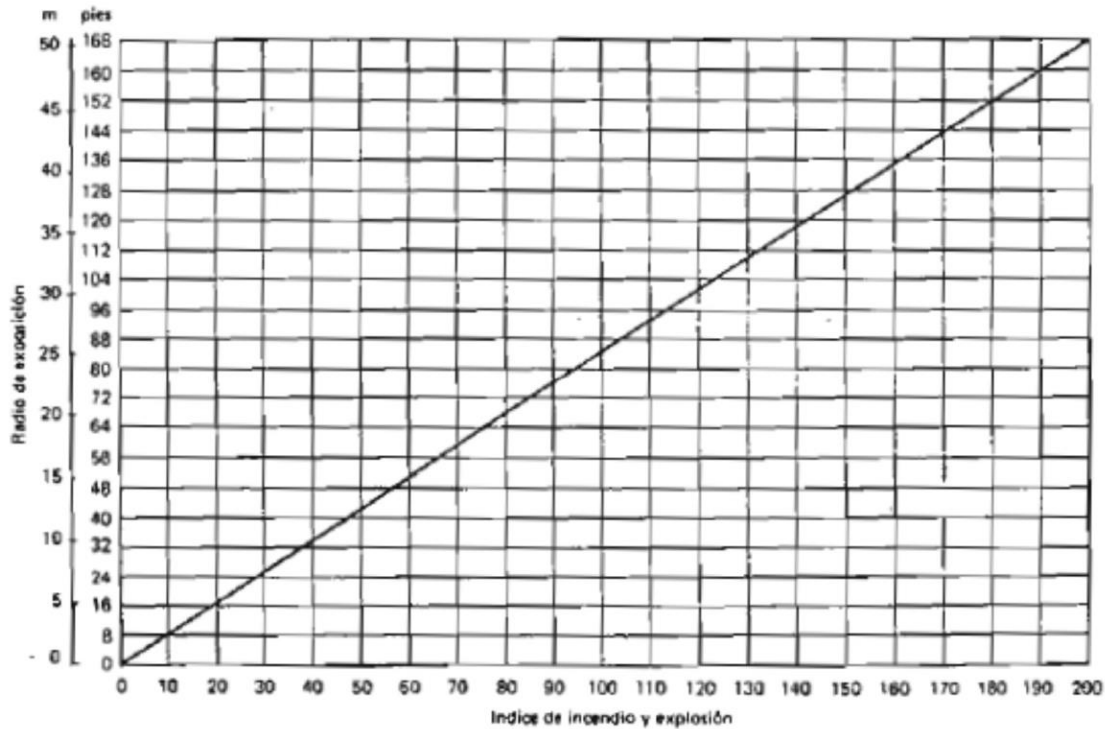
Figura 48 penalización en función de la presión de tarado de la válvula de seguridad

- Baja temperatura: no se considera la penalización por baja temperatura.
- Cantidad de material inflamable: se considerarán los 30  $\text{m}^3$  empleados de etanol como disolvente. Si se tiene en cuenta que eso representa 23.700 kg (514,4 kmol) y que su calor de combustión es de  $-1,235 \cdot 10^9 \text{ J/kmol}$  (Perry, 1999), mediante la Tabla 44 se puede obtener el valor de la penalización a partir de las Mcal totales, que son  $1,52 \cdot 10^5 \text{ Mcal}$ . La penalización empleada es de 1,30.

Tabla 44 Evaluación del Índice DOW del reactor R-701

Planta: Planta de producción de paracetamol		Unidad: Reactor R-501	
MATERIALES Y PROCESOS			
Material: Acero inoxidable			
Catalizador: 5%Pt-95%C			
FACTOR MATERIAL			16,1
1. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	Penalización	Penalización usada	
FACTOR BASE	1,00	1,00	
A. Reacciones exotérmicas (Factor 0,30 a 1,25)		0,30	
B. Reacciones endotérmicas (Factor 0,20 a 0,40)		-	
C. Transferencia y manejo de materiales (Factor 0,25 a 0,85)		0,50	
D. Unidades de proceso cerradas (Factor 0,30 a 0,90)		-	
E. Acceso		-	
F. Desagües (Factor 0,25 a 0,50)		0,25	
FACTOR DE RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F1)		2,05	
2. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO			
FACTOR BASE	1,00	1,00	
A. Temperatura del proceso			
1. Superior al punto de inflamación	0,30	0,30	
2. Superior al punto de ebullición	0,60		
3. Superior al punto de autoignición	0,75		
B. Presión baja		-	
C. Operaciones en o cerca de condiciones de inflamabilidad			
1. Líquidos inflamables almacenado en tanques en el exterior	0,50		
2. Alteración del proceso o fallo de purga	0,30		
3. Siempre en condiciones de inflamabilidad	0,80	0,80	
D. Explosión de polvo (Factor 0,25 a 2,00)		2,0	
E. Presión		0,9	
F. Temperatura baja (Factor 0,20 a 0,50)		-	
G. Cantidad de material inflamable			
1. Líquidos o gases en procesos		1,30	
2. Líquidos o gases almacenados			
3. Sólidos combustibles almacenados			
H. Corrosión y erosión (Factor 0,10 a 0,75)		0,20	
J. Fugas por uniones y empaquetaduras (Factor 0,10 a 0,75)		0,30	
K. Uso de calentadores con llama abierta		-	
L. Sistema de intercambio térmico con aceite caliente (Factor 0,15 a 1,50)		-	
M. Compresores, bombas y equipos rotativos	0,50	-	
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F2)		6,80	
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD (F1 x F2 = F3)		13,94	
ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (F3 x MF = IIE)			224,4

Acudiendo a la figura 52, se comprueba mediante interpolación que el radio de afectación del equipo es de aproximadamente 53 metros, por lo que cualquier incendio o explosión en este equipo podría afectar a los siguientes equipos: V-501, V-502, V-603, V-601, F-501, E-501A/B y E-502A/B.



*Figura 49 Determinación del radio de afectación a partir del IIE*

### 17.7 Dimensionamiento del dispositivo de alivio de presión

Una de las medidas de seguridad básicas consiste en el correcto dimensionamiento de los dispositivos de alivio de presión, que deben proporcionar un caudal de descarga necesario en caso de accidente que provoque sobrepresión en el equipo.

Los equipos más importantes para este fin son:

- Disco de ruptura: dispositivo formado por una lámina metálica calibrada y diseñada para romper a una determinada presión. Se pueden emplear junto con válvulas de alivio o solos.
- Válvulas de resorte: dispositivos que permanecen cerrados hasta que la presión del interior es suficiente como para vencer la fuerza del resorte y descargar el contenido del interior del equipo. Se distinguen tres tipos de válvulas:
  - Válvula de seguridad: para gases.

- Válvula de alivio: para líquidos solamente.
- Válvula de alivio y seguridad: empleada tanto para líquidos como gases, por ello se instala cuando hay flujo bifásico.

Hay que destacar que se suele preferir el uso de válvulas de alivio frente a los discos de ruptura, puesto que estos últimos pueden romperse de manera prematura, y en caso de abrirse, no se pueden volver a cerrar, siendo necesario reemplazar la lámina metálica. Como únicas ventajas son más baratos y existe mayor flexibilidad en su instalación que con las válvulas de alivio.

Para el dimensionamiento de la válvula de resorte del reactor R-501, donde se lleva a cabo la reacción de hidrogenación del para-nitrofenol, se supondrá que se tratará de un alivio de gases, dado que el hidrógeno es un compuesto que se alimenta de forma continua al reactor y en cantidades en exceso. Se considera el aumento de presión y la liberación de gases como el peor escenario de alivio, que se produce en caso de que el control de presión y temperatura del reactor no funcione correctamente, y se continúa alimentando hidrógeno al reactor.

Para el diseño se siguieron las indicaciones del código API 520. *Sizing, selection and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries*. (American Petroleum Institute, 2000). Los cálculos realizados, así como el procedimiento seguido se detallan en el apartado 3.6 del *Anexo II. Cálculos justificativos*.

## 18 Bibliografía

360 Market Updates. (2017). *Paracetamol global market status and trend report 2013-2023*. Informe de tendencias de mercado.

AEMET, Asociación Estatal de Meteorología. (2018). Aeropuerto de Reus. [En línea] [Citado el: 18 de junio de 2018.] Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=0016A&k=cat>.

American Petroleum Institute. (2000). *Sizing, Selection and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries*.

Andrew, William. (2013). *Pharmaceutical Manufacturing Encyclopedia*. Tercera Edición. ISBN: 978-0-8155-1526-5.

Appl, Max. (2006). Ammonia. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. s.l. : Wiley-VCH,

babyfoodsteps.wordpress.com.( 12 de noviembre de 2012.). Baby Food Steps. [En línea] [Citado el: 5 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://babyfoodsteps.wordpress.com/2012/11/12/g-is-for-glutathione/>.

Bestratén Belloví, Manuel. NTP 302: Reactividad e inestabilidad química: análisis termodinámico preliminar. *Notas técnicas de prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo*.

Booth, Gerald. (2005). Nitro compounds, Aromatic.En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Catalano, Sam, Palazzolo, Joseph y Robertson, Matthew. (2018). Visual Encyclopedia of Chemical Engineering. [En línea] [Citado el: 18 de abril de 2018.] Disponible en: <http://encyclopedia.che.engin.umich.edu/Pages/SeparationsMechanical/Centrifuges/Centrifuges.html>.

ccc-chemicals. ( marzo de 2002). *Sulco Chemical Limited*. [En línea]. [Citado el: 31 de marzo de 2018.] Disponible en: [https://www.ccc-chemicals.com/uploads/docs/Acid\\_Electronic\\_copy.pdf](https://www.ccc-chemicals.com/uploads/docs/Acid_Electronic_copy.pdf).

Centro de investigación y Asistencia Técnica (INSHT). (1980). *Índice de Incendio y Explosión. Guía para la clasificación de riesgos*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid : s.n., ISBN: 84.500-9062-8.

Cepsa. (2018). Cepsa.es. *Productos y servicios*. [En línea]. [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <https://www.cepsa.es/es/empresa/productos%E2%80%93quimicos/plantas%E2%80%93de%E2%80%93produccion#>.

Cheung, Hosea, Tanke, Robin S. y Torrence, G. Paul. (2011). Acetic Acid. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Chu Ho Yin y Sing Yui Hong. Paracetamol. *Al Chemistry Group Project*.

Davenport, Kenneth G. y Hilton, Charles B. (18 de Junio de 1985). *Process for producing N-acyl-hydroxy aromatic amines*. Patente US4524217 Estado Unidos.

Drugs.com. 2018. [En línea] [Citado el: 8 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.drugs.com/sfx/paracetamol-merck-side-effects.html>.

Ellis, Frank. (2002). *Paracetamol - a curriculum resource*. Londres : s.n. ISBN: 0-85404-375-6.

Farmacia Germana. (8 de marzo de 2017). Farmaciagermana.com. *Toxicidad del Paracetamol (II). Saturación del metabolismo hepático*. [En línea] [Citado el: 1 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.farmaciagermana.com/blog/toxicidad-del-paracetamol-ii-saturacion-del-metabolismo-hepatico>.

Fertilizers Europe.( 2014). Guidance for transporting nitric acid in tanks. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2018.] Disponible en: [http://www.productstewardship.eu/fileadmin/user\\_upload/user\\_upload\\_prodstew/documents/Transporting\\_Nitric\\_Acid\\_in\\_Tanks.pdf](http://www.productstewardship.eu/fileadmin/user_upload/user_upload_prodstew/documents/Transporting_Nitric_Acid_in_Tanks.pdf).

Fritch, John R., Fruchey, Olan S. y Horlenko, Theodore. (4 de Septiembre de 1990). *Production of acetaminophen*. Patente US4954652 [ed.] Hoechst Celanese Corporation. Estados Unidos.

García Quesada, Juan Carlos. (29 de julio de 2010). Revista Oficial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. [En línea] [Citado el: 8 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://revista.eps.ua.es/index.php/p12/52-noticias/tema-general/156-la-ingenieria-quimica-y-la-industria-farmaceutica-el-caso-de-la-penicilina>.

Glencore. (2018). Asturiana de Zinc. *San Juan de Nieva*. [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <http://www.azsa.es/es/QuienesSomos/centros-de-produccion/Paginas/San-Juan-de-Nieva.aspx>.

Grand View Research. (mayo de 2017). Grandviewresearch.com. *Liquid Nitrogen Market Analysis By Technology (Cryogenic Distillation, Pressure Swing Adsorption), By Function (Coolant, Refrigerant), By Storage & Distribution, By End-use, And Segment Forecasts, 2018 - 2025*. [En línea]. [Citado el: 5 de abril de 2018.] Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/liquid-nitrogen-market>.

Greco, Nicholas P. (27 de abril de 1976). *Hydrogenation of nitrobenzene to p-aminophenol*. Patente US 3.953.509 Estados Unidos.

Guma, Manaf A. (2012). *Journal of university of anbar for pure science. Synthesis and Characterization of Acetaminophen from Acetanilide by Diazotization Reaction*. Vol. 6. ISSN: 1991-8941.

Häussinger, Peter , Lohmüller, Reiner y Watson, Allan M. (2000). Hydrogen. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Häussinger, Peter, Leitgeb, Paul y Schmücker, Bernd. (2005). Nitrogen. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Hopp, Vollrath y Klaus, H. J. (1994). *Fundamentos para tecnología química para formación profesional*. s.l. : Reverté. ISBN: 84-291-7245-9.

ICIS. (28 de Agosto de 2006.). *Indicative Chemical Prices*. [En línea] [Citado el: 15 de junio de 2018.] Disponible en: <https://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>.

IHS Markit.( diciembre de 2002). *Acetaminophen PEP Review*. [En línea] [Citado el: marzo de 13 de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/chemical-technology-pep-reviews-acetaminophen-2002.html>.

IHS Markit. (octubre de 2016). *Chemical Economics Handbook. Phenol*. [En línea] [Citado el: 25 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/phenol-chemical-economics-handbook.html>.

IHS Markit. (mayo de 2017). *Chemical Economics Handbook. Nitric Acid*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/nitric-acid-chemical-economics-handbook.html>.



IHS Markit. (octubre de 2017). *Chemical Economic Handbook. Sulfuric Acid*. [En línea] [Citado el: 31 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/sulfuric-acid-chemical-economics-handbook.html>.

IHS Markit. (enero de 2018). *Chemical Economics Handbook. Ethanol*. [En línea] [Citado el: 23 de abril de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/ethanol-chemical-economics-handbook.html>.

IHS Markit. (diciembre de 2016). *Chemical Economics Handbook. Acetic Acid*. [En línea] [Citado el: 3 de abril de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/acetic-acid-chemical-economics-handbook.html>.

IHS Markit. (junio de 2015). *Chemical Economics Handbook Hydrogen*. [En línea] [Citado el: 31 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/hydrogen-chemical-economics-handbook.html>.

IHS Markit. (noviembre de 2016). *Chemical Economics Handbook Acetic Anhydride*. [En línea] [Citado el: 3 de abril de 2018.] Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/acetic-anhydride-chemical-economics-handbook.html>.

INEOS sulphur Chemicals. (2017). INEOS.com. *INEOS sulphur chemicals negocio*. [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <https://www.ineos.com/es/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-sulphur-chemicals/negocio/>.

Instituto Geográfico Nacional . (2018). Mapas de sismicidad y peligrosidad. [En línea] [Citado el: 18 de junio de 2018.] Disponible en: <http://www.ign.es/web/ign/portal/mapas-sismicidad>.

International Team Consulting. (30 de noviembre de 2015). [www.int-team.com](http://www.int-team.com). *International Team Consulting*. [En línea]. [Citado el: 8 de marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.int-team.com/el-sector-farmaceutico-en-el-mundo/>.

INTRATEC. (junio de 2010). *Phenol Price History & Forecast*. [En línea] [Citado el: 22 de junio de 2018.] Disponible en: <https://www.intratec.us/chemical-markets/phenol-price>.

Joncour, Roxan, y otros. (2014). *Green Chemistry. Amidation of Phenol derivatives: a direct synthesis of paracetamol (acetaminophen) from hydroquinone*. págs. 2889-3380.

Kirk, Raymond E. y Othmer, Donald F. (1998). *Encyclopedia of chemical technology*. Nueva York : John Wiley & Sons. Vol. 15. ISBN: 0-471-52684-3.

Kirk, Raymond E. y Othmer, Donald F. (1998). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cuarta. New York : John Wiley & Sons. Vol. 19. ISBN: 0-471-52688-6.

La nueva españa. (29 de junio de 2012). LNE.es, avilés. [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <http://www.lne.es/aviles/2012/06/29/90-produccion-acido-sulfurico-asturiana-zinc-vende-espana/1263273.html>.

MAXAM. (2017). MAXAM Productos. [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: [https://www.maxam.net/es/chem/acido\\_nitrico](https://www.maxam.net/es/chem/acido_nitrico).

Mazaleuskaya, Liudmila L., y otros. (2015). *Pharmacogenetics and Genomics. PharmGKB summary: pathways of acetaminophen metabolism at the therapeutic versus toxic doses*. págs. 416-426. ISSN: 1744-6872.

Merck KGaA. (5 de junio de 2017.). Ficha de datos de seguridad Ácido Acético.

Merck KGaA. (25 de mayo de 2017). Ficha de datos de seguridad o-nitrofenol.

Merck KGaA. (28 de julio de 2017). Ficha de datos de seguridad p-nitrofenol.

Merck KGaA. (13 de noviembre de 2017). Ficha de seguridad de p-aminofenol.

Ministerio Federal de Economía y Energía. (2018). Ministerio Federal de Economía y Energía. *Make it in Germany*. [En línea] [Citado el: 12 de marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.make-it-in-germany.com/es/para-profesionales-cualificados/trabajar/una-presentacion-de-los-diferentes-sectores/industria-quimica-y-farmaceutica>.

Mitchell, Stephen C. y Waring, Rosemary H. (2005). Aminophenols. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Morán, Daniel. (5 de septiembre de 2017). Biorrefineria.blogspot.es. [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <https://biorrefineria.blogspot.com.es/2017/09/el-sector-del-etanol-en-espana-segun-el-USDA-FAS.html>.

Müller, Herman. (2005). Sulfuric Acid and Sulfur Trioxide. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Perry, Robert H. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. [ed.] Don W. Green. Séptima Edición. Nueva York : McGraw-Hill. ISBN: 0-07-115448-5.

Pubchem. (2018). pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. *Acetaminophen*. [En línea] . [Citado el: 1 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/acetaminophen#section=Top>.

Rieche, Alfred. (1967). *Química orgánica técnica : fundamentos de química orgánica industrial*. Zaragoza : Acribia.

Srabovic, Majda, y otros. (2017). *Design synthesis and crystallization of acetaminophen*. págs. 218-230. Vol. 7. ISSN: 2249-1929.

Statista. (2015). Statista. [En línea] [Citado el: 8 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/598929/distribucion-del-valor-de-ventas-farmaceuticas-globales-a-nivel-mundial-por-region/>.

Stephanopoulos, G. ( 2015). *Chemical Process Control*. s.l. : Prentice Hall.

Tait, Keith. (1998). Industria Farmacéutica. [aut. libro] Jeanne Mager Stellman. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Madrid : Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Thiemann, Michael, Scheibler, Erich y Wilhelm, Karl. (2005). Nitric Acid, Nitrous Acid, and Nitrogen Oxides. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim : Wiley-VCH.

Transparency market report. (febrero de 2016). Transparency market report. [En línea] [Citado el: 12 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/global-pap-paracetamol-market.htm>.

Transparency market research. (febrero de 2016). *Rise in Pharma Investments Likely to Boost Global PAP and Paracetamol Market to US\$1.7 bn by 2022*. [En línea] [Citado el: 5 de abril de 2018.] Disponible en: <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/global-pap-paracetamol-market.htm>.

Transparency market research. (octubre de 2015). *PAP and Paracetamol Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2014 - 2022*. [En línea] [Citado el: 13 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.transparencymarketresearch.com/pap-paracetamol-market.html>.

Ullmann, Fritz. (2002). *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. [ed.] Wolfgang Gerhartz, y otros. s.l. : John Wiley and Sons. Vol. 8. ISBN: 3-527-20108-4.

Uspto. (2018). United States Patent and Trademark Office. [En línea] [Citado el: 22 de febrero de 2018.] Disponible en: <https://www.uspto.gov/patents-application-process/search-patents>.

Wave 3 news. (14 de febrero de 2018.). Wave 3 news. [En línea] [Citado el: 12 de marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.wave3.com/story/37500788/paracetamol-market-by-production-market-analysis-and-regional-market-performance>.

Wolf, John, Manier, Gerhard y Eikmann, Thomas. (2006). Air. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. s.l. : Wiley-VCH.

Wong, Adele. (20 de marzo de 2017). LP Information. [En línea] [Citado el: 13 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.lpinformationdata.com/paracetamol-market-report/chemical-material.html>.

YARA. (2018). yara.es. *Productos Químicos nitrogenados* . [En línea] [Citado el: 16 de abril de 2018.] Disponible en: <http://www.yara.es/quimicos/productos-quimicos-nitrogenados/acido-nitrico/>.

# **Anexo I: Balances de materia y energía**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	ECUACIONES EMPLEADAS.....	2
1.1	Balances de materia.....	2
1.2	Balances de energía.....	3
2	REACTOR DE NITRACIÓN (R-201) .....	4
3	SECCIÓN DE RECUPERACIÓN .....	8
3.1	Recuperación de ácido nitroso (R-202).....	8
3.2	Recuperación de reactivos y disolvente .....	10
3.2.1	Recuperación de $\text{HNO}_3$ .....	13
3.2.2	Recuperación de ácido sulfúrico.....	14
3.2.3	Recuperación de fenol .....	15
4	ALIMENTACIÓN FRESCA. ....	17
5	PURIFICACIÓN DE P-NITROFENOL .....	20
5.1.1	Primera decantación.....	20
5.1.2	Segunda decantación .....	22
5.1.3	Cristalización y centrifugación .....	24
6	REACTOR DE HIDROGENACIÓN .....	27
7	RECUPERACIÓN DE ETANOL (A-600) .....	30
8	REACTOR DE ACETILACIÓN .....	35
9	PRIMERA CRISTALIZACIÓN DEL PARACETAMOL .....	38
10	PURIFICACIÓN DE PARACETAMOL.....	40

## 1 ECUACIONES EMPLEADAS

### 1.1 Balances de materia

La ecuación empleada para el cálculo del balance de materia en este documento se muestra en la Ecuación 1.

$$E - S + A = G \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Donde S representa la salida del sistema, E es la entrada, A la acumulación, que es nula en estado estacionario, y G la generación, la cual cobra importancia en el caso de existir reacción química. En el caso de la planta de producción de paracetamol se emplearán principalmente los términos de entrada y salida, mientras que en los reactores se añadirá el término de generación.

El mismo balance es aplicable a los componentes individuales de cada corriente. Despreciando la acumulación, la Ecuación 1 muestra la expresión del balance por componente.

$$Sx_{i,S} = Ex_{i,E} + S_c(r_i) \quad \text{para } i \in [0, N] \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Dónde S y E se presentan en unidades molares, y las x corresponden a la fracción molar. Sc es la superficie del catalizador y  $r_i$  la velocidad de generación/desaparición del compuesto i referida la superficie del catalizador.

Para N componentes se dispone de N ecuaciones linealmente independientes, por lo tanto, uno de los balances de materia se puede expresar como combinación lineal de los otros. Para comprobar que el cálculo del balance se realiza de manera correcta, se emplea la expresión del balance global como parámetro de demostración, esto es, se calcula el cierre del balance comprobando que se cumple el balance de materia global, comprobando que la suma aritmética de todos los términos es nula.

Los balances de materia se aplicarán a todas las unidades donde existan cambios de composición en las corrientes de entrada y salida, como los reactores, columnas de destilación y filtros y decantadores.

En este caso, la producción se lleva a cabo de forma discontinua, realizándose mediante cargas. Se define un tiempo de batch para el funcionamiento de la planta de producción de paracetamol. Ésta funcionará 330 días al año, las 24 horas del día, y la duración de cada batch se establece en 8 horas. Por tanto, se realizarán 3 cargas diariamente.

Conocido esto, los cálculos se realizaron orientados a obtener una cantidad de paracetamol de 5,05 toneladas/batch, de pureza 99,5%, conteniendo un pequeño porcentaje de agua en los cristales de paracetamol, para cumplir con el objetivo anual de producción de 5000 toneladas de acetaminofén.

## 1.2 Balances de energía

Para la realización del balance de energía, se debe comprobar que la energía total del sistema se conserva. La magnitud empleada para la realización del balance de energía es la entalpía, que es una función de estado, por lo que el valor de esta sólo depende del estado inicial y final. Para la realización de los cálculos el punto de referencia de energía nula de proceso se toma a 1 bar, 25 °C y fase líquida.

El balance de energía global para un sistema abierto en estado estacionario viene dado por la Ecuación 3.

$$\dot{Q} - \dot{W}_s = \Delta \dot{E}_k + \Delta \dot{E}_p + \Delta \dot{H} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

- $\dot{Q}$  es el calor intercambiado con los alrededores (kJ/s o kW)
- $\dot{W}_s$  es la potencia aplicada por las partes móviles (kJ/s)
- $\Delta \dot{E}_k$  es la variación de la energía cinética (kJ/s)
- $\Delta \dot{E}_p$  es la variación de la energía potencial (kJ/s)
- $\Delta \dot{H}$  es la variación de la entalpía (kJ/s)

Considerando despreciables las variaciones de la energía cinética y la potencial, la ecuación 3 queda de la forma:

$$\dot{Q} = \sum_{salida} \dot{m}_i H_i - \sum_{entrada} \dot{m}_i H_i \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

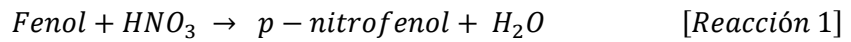
- $\dot{m}_i$  es el flujo másico de la corriente i en kg/s
- $H_i$  es la entalpía de la corriente i, en kJ/kg.



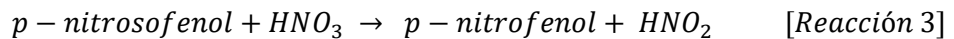
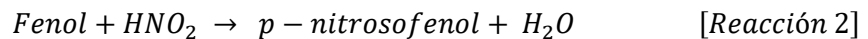
## 2 REACTOR DE NITRACIÓN (R-201)

En este equipo se lleva a cabo la nitración de fenol con ácido nitroso y ácido nítrico, en presencia de un medio de ácido sulfúrico en más de un 60% en peso.

La reacción global se muestra en la reacción 1, aunque el proceso se lleva a cabo en dos reacciones sucesivas.



Se da una primera reacción de nitrosación de fenol, y a continuación el para-nitrosfenol reacciona con ácido nítrico para generar el nitrofenol y ácido nitroso. Es por ello por lo que el ácido nitroso se regenera continuamente en cada reacción.



El ácido nitroso se recupera en forma de óxidos de nitrógeno, en este caso tetraóxido de dinitrógeno, que permite volver a obtener una mezcla de ácido nitroso y nítrico con agua, puesto que la reacción es reversible.



En este caso hay reacción química, por lo que se han tomado las siguientes consideraciones basadas en fuentes bibliográficas como las patentes US 3510527 y US 5414148:

- El rendimiento en nitrofenol de la reacción para la proporción de reactivos escogida es de un 89%.
- Se forman dos isómeros de nitrofenol, el isómero p-nitrofenol (de interés para la producción de paracetamol) con un rendimiento del 77%, y el o-nitrofenol con un rendimiento del 12%.
- El tiempo de reacción es de 60 minutos, y al finalizar la misma el ácido nitroso reacciona con el exceso de ácido nítrico, permitiendo su recuperación en forma de tetraóxido de dinitrógeno, a la vez que el nitrofenol cristaliza.
- Se supone una cristalización completa, puesto que la alta concentración de ácido es utilizada con el fin de precipitar todo el para-nitrofenol.

Los kg de reactivos y productos por carga de entrada y salida del reactor se muestran en la tabla 1.

## Anexo I. Balances de materia y energía

*Tabla 1 Kg por carga en las corrientes de entrada y salida del reactor de nitración*

<b>CORRIENTE</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Kg/carga</b>						
fenol	3986,75	0	0	0	0	438,54
ácido sulfúrico	0	0	28909,24	0	0	28909,24
ácido nítrico	0	2669,35	0	2669,35	0	293,63
ácido nitroso	0	0	0	1991,59	0	0
agua	0	1072,63	589,98	0	0	3105,00
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	0	3897,78	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	4537,56
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	707,15
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3986,75</b>	<b>3741,98</b>	<b>29499,22</b>	<b>4660,94</b>	<b>3897,78</b>	<b>37991,12</b>

La Tabla 2 muestra el cierre del balance de materia, considerando los reactivos entrantes positivos frente a los productos salientes del reactor como negativos.

## Anexo I. Balances de materia y energía

*Tabla 2 Cierre del balance de materia*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
5 (+)	3986,75
6 (+)	3741,98
7 (+)	29499,22
8 (+)	4660,94
9 (-)	3897,78
10 (-)	37991,12
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Por último, se muestran los caudales másicos de cada corriente de entrada y salida, junto con los tiempos de carga y descarga de cada corriente.

*Tabla 3 Caudal másico de las corrientes de entrada y salida al reactor de nitración*

<b>CORRIENTE</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Kg/h</b>						
fenol	498,34	0	0	0	0	54,82
ácido sulfúrico	0	0	3613,65	0	0	3613,65
ácido nítrico	0	333,67	0	333,67	0	36,70
ácido nitroso	0	0	0	248,95	0	0
agua	0	134,08	73,75	0	0	388,12
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	487,22	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	567,20
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	88,39
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0
TOTAL	498,34	467,75	3687,40	582,62	487,22	4748,89

El balance de energía para el reactor en cuestión tiene en cuenta que el calor generado por la reacción exotérmica debe ser retirado completamente por un sistema de enfriamiento. Para ello se conoce la entalpía de reacción, que es  $\Delta H = -109 \frac{kJ}{mol \text{ fenol}}$ , y conociendo el caudal molar reaccionante de fenol al reactor se obtiene que el calor que se debe retirar del sistema es de -1.141,54 kW.

### 3 SECCIÓN DE RECUPERACIÓN

#### 3.1 Recuperación de ácido nitroso (R-202)

El ácido nitroso es consumido en la reacción de nitrosación, pero se regenera en la segunda reacción. Se retira del reactor de nitración tetraóxido de dinitrógeno, que es puesto en contacto con agua para formar ácido nitroso y ácido nítrico según la reacción 4. Por tanto, se añade agua a la mezcla de óxidos de nitrógeno y se emplean las condiciones necesarias para desplazar el equilibrio hacia la formación de los ácidos.

Las entradas y salidas por cada batch, en kg, se muestran en la tabla 4:

*Tabla 4 kg por carga en las corrientes de entrada y salida del reactor R-201*

<b>CORRIENTE</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	2669,35	0
ácido nitroso	0	1991,59	0
agua	763,16	0	0
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	3897,78
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>763,16</b>	<b>4660,94</b>	<b>3897,78</b>

El cierre del balance de materia se muestra en la Tabla 5, donde las corrientes de entrada son positivas y las de salida negativas.

*Tabla 5 Cierre del balance de materia en el reactor R-202*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
4 (+)	763,16
8 (-)	4660,94
9 (+)	3897,78
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los flujos másicos de entrada y salida se muestran en la Tabla 6.

*Tabla 6 Caudales másicos de las corrientes de entrada y salida del reactor R-202*

<b>CORRIENTE</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	333,67	0
ácido nitroso	0	248,95	0
agua	95,40	0	0
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	487,22
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0

paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
TOTAL	95,40	582,62	487,22

En este caso la reacción es endotérmica ( $\Delta H = 23 \frac{kJ}{mol N_2O_4}$ ), por lo que el calor que debe ser aportado al sistema es de +270,65 kW.

### 3.2 Recuperación de reactivos y disolvente

A la salida el reactor existe una centrífuga, encargada de separar el nitrofenol sólido del resto de reactivos sin reaccionar como el fenol, ácido nítrico y ácido sulfúrico. Esta mezcla es enviada a tres columnas de destilación, y la separación ha sido estudiada empleando el simulador Aspen Hysys mediante el método shortcut, para comprobar que la separación completa de los cuatro compuestos presentes en la corriente 13 es posible.

Esta zona de la planta trabaja de manera continua, y las corrientes se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 caudales máxicos horarios en las corrientes de la sección de recuperación de reactivos

CORRIENTE	13	14	16	17	20	21	22
<b>Flujo másico Kg/h</b>							
fenol	54,82	0	54,82	0	54,82	2,19	52,63
ácido sulfúrico	3613,65	0	3613,65	3469,11	144,55	144,55	0
ácido nítrico	36,70	35,24	1,47	0	1,47	1,47	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0	0
agua	388,12	0	388,12	0	388,12	388,12	0
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

anhídrido acético	0	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>4093,30</b>	<b>35,24</b>	<b>4058,07</b>	<b>3469,11</b>	<b>588,96</b>	<b>536,33</b>	<b>52,63</b>

El cierre del balance se realiza por columnas y se muestra en la Tabla 8, donde las corrientes de entrada son positivas y os flujos de salida negativos

*Tabla 8 Cierre del balance de materia en las torres de destilación del área 300.*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/h</b>
13 (+)	4093,30
14 (-)	35,24
16 (-)	4058,07
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
16 (+)	4058,07
20 (-)	588,96
17 (-)	3469,11
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
20 (+)	588,96
21 (-)	536,33
22 (-)	52,63
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

En cuanto a la realización del balance de energía en las columnas, se emplearán los datos de entalpía de las corrientes aportados por el simulador Aspen Hysys, mostrados en la tabla 9.



Tabla 9 Propiedades de las corrientes de la sección de recuperación de reactivos

Corriente	Kg/h	T(°C)	H (kJ/kg)
13	4093,30	20	-8747
14	35,24	82,80	-2752
16	4058,07	130,5	-8616
17	3469,11	257,9	-7797
20	588,96	99,40	-14090
21	536,33	99,63	-15500
22	52,63	120,3	-1739

Equipo	$\dot{Q}$ (kW)
T-301	-206,33
T-302	106,32
T-303	29,50

Las separaciones de los diferentes compuestos se comprobaron empleando el simulador Aspen Hysys, y a continuación se muestran los resultados obtenidos para la separación completa del ácido nítrico, ácido sulfúrico y fenol. En todos los casos se obtuvo que era posible una separación completa de los compuestos, y se va a suponer una recuperación en cada columna del 96%.

La simulación mediante el método shortcut se muestra en la Figura 1 y se especifica en los siguientes subapartados.

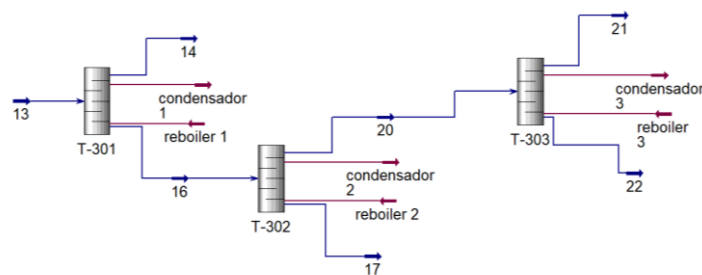
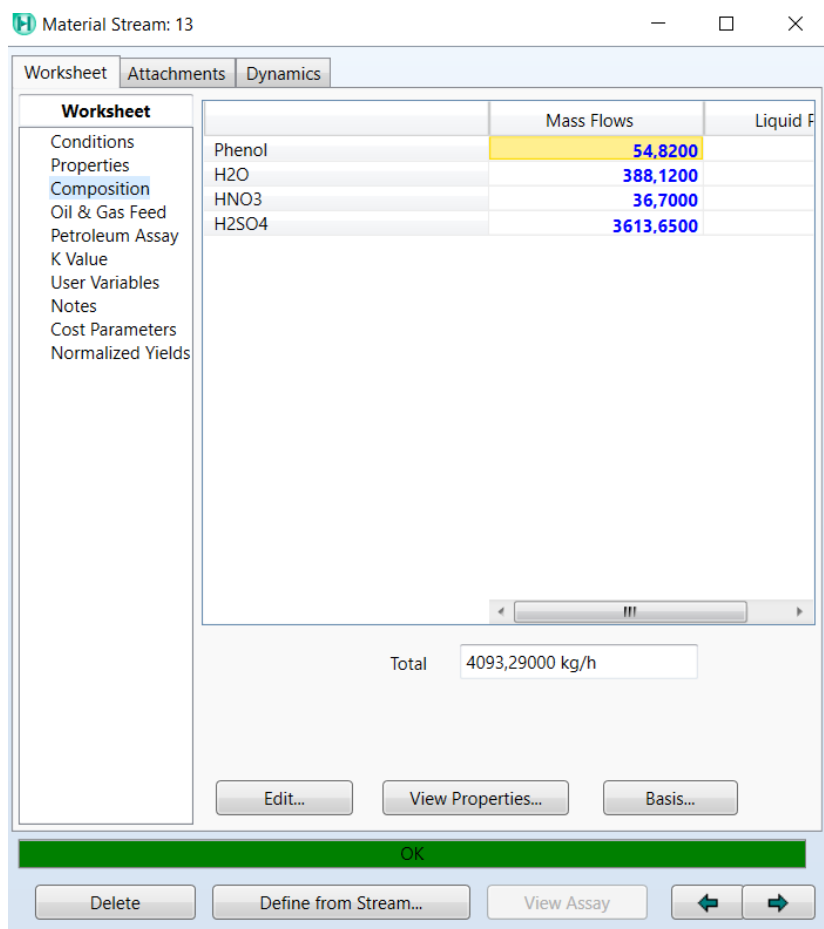


Figura 1 Sistema simulado con ayuda del software Aspen Hysys

Donde la corriente de entrada presenta los mismos caudales másicos que los calculados mediante el balance de materia.



	Mass Flows	Liquid F
Phenol	54,8200	
H2O	388,1200	
HNO3	36,7000	
H2SO4	3613,6500	

Total 4093,29000 kg/h

Buttons: Edit..., View Properties..., Basis..., OK, Delete, Define from Stream..., View Assay, Navigation arrows

Figura 2 Composición de la corriente 13 en la simulación

### 3.2.1 Recuperación de $\text{HNO}_3$

El ácido nítrico es el primer compuesto recuperado en la primera columna de destilación. El método shortcut muestra que en la corriente 14 se puede separar ácido nítrico prácticamente puro, conteniendo un pequeño porcentaje de agua. Por ello se supone que la separación se puede llevar a cabo en un 100%.

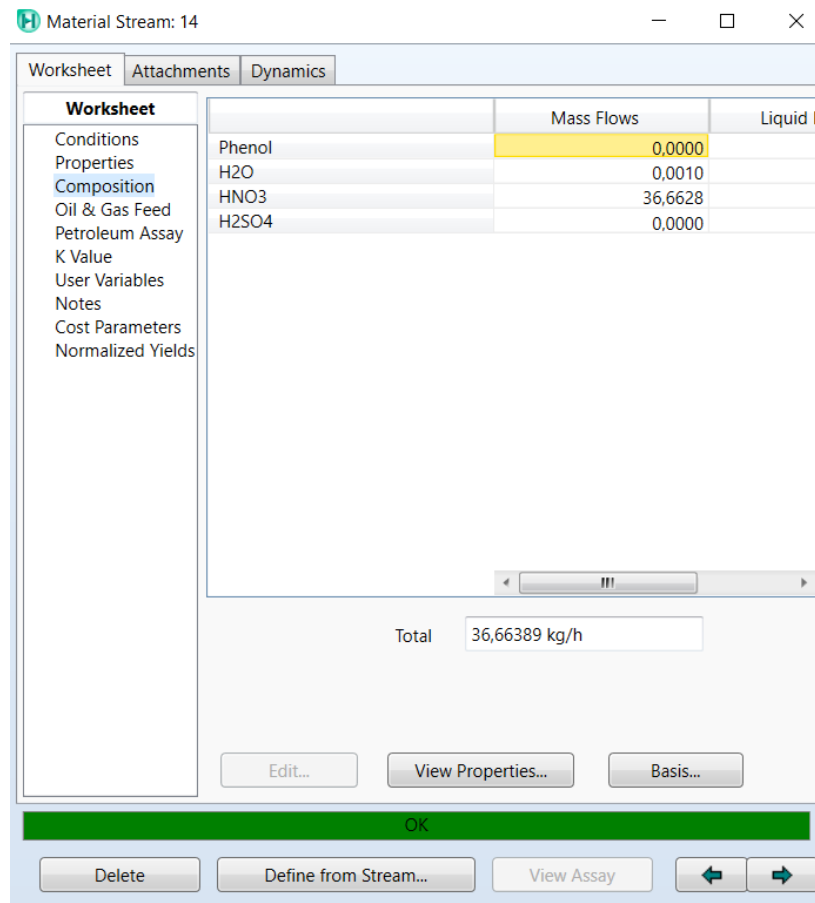
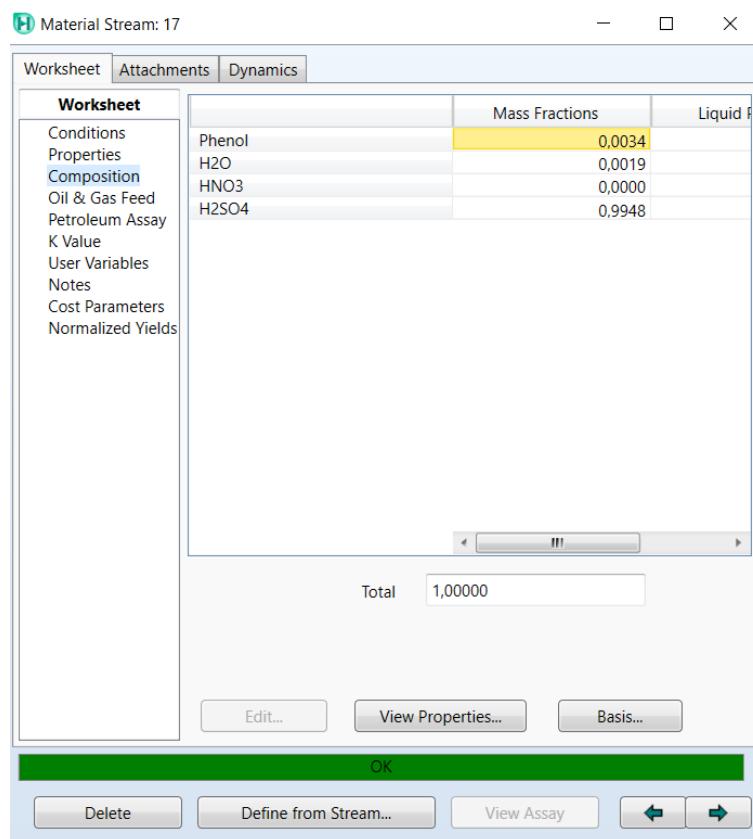


Figura 3 Composición de la corriente 14 en la simulación

### 3.2.2 Recuperación de ácido sulfúrico

La corriente 16, que contiene ácido nítrico en proporción pequeña (se supone que la recuperación en la columna anterior es de un 96%), agua, fenol y ácido sulfúrico se lleva a una nueva columna donde se recupera gran parte del ácido sulfúrico, para poder volver a ser empleado como disolvente en el reactor de nitración.

La corriente 17 obtenida en la simulación en aspen hysys mediante el método shortcut muestra la separación de ácido sulfúrico.



	Mass Fractions	Liquid Phase
Phenol	0,0034	
H2O	0,0019	
HNO3	0,0000	
H2SO4	0,9948	

Total: 1,00000

Buttons: Edit..., View Properties..., Basis..., OK, Delete, Define from Stream..., View Assay, Navigation arrows.

Figura 4 Composición de la corriente 17 en la simulación

Se puede apreciar que prácticamente es posible conseguir la separación de ácido sulfúrico en un 100% de concentración. Como en el caso anterior se supone que la recuperación de este ácido se limita a un 96%.

Por ello en la corriente 20 de entrada a la última columna permanecen restos de ácido nítrico y sulfúrico no recuperables, así como agua y fenol, el último compuesto que interesa recuperar.

### 3.2.3 Recuperación de fenol

El fenol es el principal reactivo para la producción de paracetamol, por ello su aprovechamiento se presenta como un paso importante. Para conocer si es posible separarlo del resto de compuestos se realizó de nuevo un shortcut. El fenol se recupera por fondos en la corriente 22, mientras que el agua se supone que sale por cabezas conteniendo el resto de los compuestos.

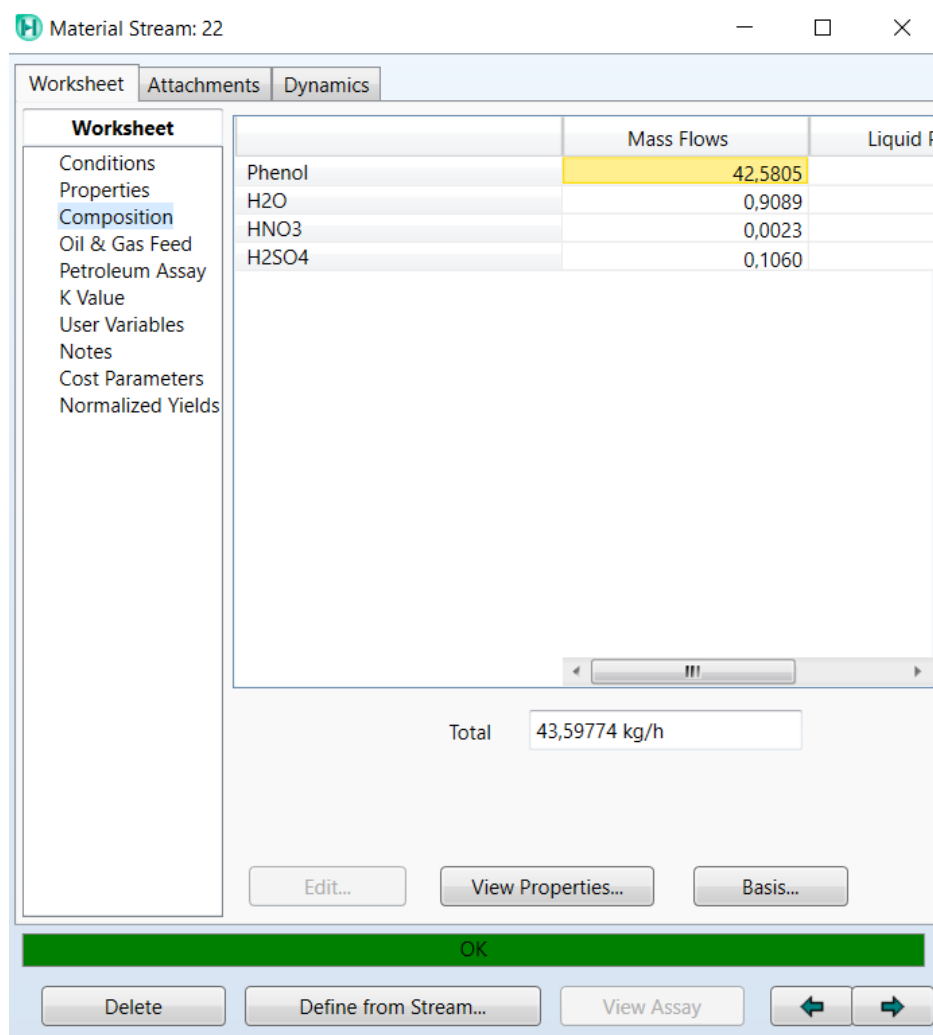


Figura 5 Composición de la corriente 22 en la simulación

Como se observa en la figura 5, se puede separar el fenol del resto de compuestos. Para facilitar los cálculos se supondrá que se recupera al 100% de pureza, aunque recuperando sólo un 96 %. En caso de que contenga grandes cantidades de ácido sulfúrico se podría plantear el empleo de una separación flash, puesto que es factible entre ambos compuestos.

La corriente 21, que se separa por cabezas, se envía a la sección de tratamiento de aguas.

## 4 ALIMENTACIÓN FRESCA.

Una vez conocidas las corrientes de recuperación de ácido nítrico, ácido sulfúrico y fenol, se puede calcular la alimentación fresca a la planta de estos compuestos.

En el caso del ácido sulfúrico, a la salida de la columna de recuperación se almacena en un tanque intermedio, donde se añade agua para alcanzar una disolución del 98% en ácido sulfúrico, puesto que si la concentración es del 100% es corrosivo para el metal, y es un producto que se maneja en grandes cantidades.

En el caso del ácido nítrico, como las cantidades manejadas son mucho menores, se almacena al 100%.

Las corrientes de entrada y las de recirculación se muestran en la Tabla 10.

*Tabla 10 kg por carga en las corrientes de la alimentación fresca*

CORRIENTE	1	2	3	15	18	19	23
<b>Kg/carga</b>							
fenol	3565,75	0	0	0	0	0	421,00
ácido sulfúrico	0	0	1156,37	0	0	27752,87	0
ácido nítrico	0	2387,47	0	281,8837445	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0	0
agua	0	1072,63	23,60	0	566,39	566,39	0
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

paracetamol	0	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3565,75</b>	<b>3460,10</b>	<b>1179,97</b>	<b>281,88</b>	<b>566,39</b>	<b>28319,25</b>	<b>421,00</b>

En la Tabla 11 se muestra que los balances en cada recirculación de reactivos se cierran.

*Tabla 11 Cierre de los balances en la alimentación al proceso de nitración*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/carga</b>
1 (+)	3565,75
23 (+)	421,00
5 (-)	3986,75
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
2 (+)	3460,10
15 (+)	281,88
6 (-)	3741,99
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
3 (+)	1179,97
19 (+)	28319,25
7 (-)	29499,22
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Considerando los tiempos de carga y descarga de cada corriente al reactor, los flujos másicos de cada corriente se muestran en la Tabla 12.

*Tabla 12 Caudales másicos de las corrientes de entrada a la sección de nitración*

<b>CORRIENTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>23</b>
<b>Kg/h</b>							
fenol	445,72	0	0	0	0	0	52,63
ácido sulfúrico	0	0	144,55	0	0	3469,11	0
ácido nítrico	0	298,43	0	35,24	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0	0
agua	0	134,08	2,95	0	70,80	70,80	0

Anexo I. Balances de materia y energía

tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0	0
para- nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0	0
p- aminofenol	0	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	445,72	432,51	147,50	35,24	70,80	3539,91	52,63



## 5 PURIFICACIÓN DE P-NITROFENOL

El para-nitrofenol se separa del medio líquido de reacción del reactor de nitración empleando una centrífuga, que separa completamente los cristales. Estos son llevados a un tanque con agua a 80°C, donde la concentración de p-nitrofenol es un 40% mayor que la soluble teóricamente.

A continuación, se realiza la separación de los isómeros orto-nitrofenol y para-nitrofenol mediante una destilación con arrastre de vapor. Puesto que no se poseen suficientes datos para modelizar este equipo, se va a suponer que la separación es del 98%, como muestran las bases bibliográficas consultadas, y que no se añade más cantidad de agua a la salida de para-nitrofenol por colas.

Posteriormente, se realiza la purificación de para-nitrofenol por medio de dos decantaciones sucesivas, añadiendo bisulfito sódico a la mezcla en una concentración de un 3% en peso, lo que permite separar el isómero necesario para la síntesis de paracetamol de otros posibles contaminantes que existan en la mezcla, aunque en este caso se considera como único compuesto a retirar el o-nitrofenol restante.

En cada decantación se forman dos fases, una acuosa con pequeño contenido en para-nitrofenol y que contiene gran parte de las impurezas, y otra de para-nitrofenol conteniendo agua. Se va a suponer que en cada decantación únicamente se pierde un 1% de para-nitrofenol del inicialmente disponible.

### 5.1.1 Primera decantación

Se lleva la mezcla de para-nitrofenol en agua que contiene impurezas a un tanque de mezcla para asegurar la disolución del bisulfito en la mezcla y se lleva a un decantador.

En este caso, la fase inferior en el decantador es la fase acuosa que contiene las impurezas, mientras que la fase superior es la fase rica en para-nitrofenol. Las corrientes implicadas en este proceso se muestran en la Tabla 13.

*Tabla 13 kg por carga en el primer proceso de decantación*

CORRIENTE	34	35	36
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

agua	8837,37	5302,42	3534,95
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	4537,56	44,93	4492,64
o-nitrofenol	342,45	256,83	85,61
bisulfito sódico	136,13	0	136,13
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>13853,51</b>	<b>5604,18</b>	<b>8249,32</b>

La comprobación de que el balance cierra se muestra en la Tabla 14.

*Tabla 14 Cierre del balance de materia en la primera decantación*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
34 (+)	13853,51
35 (-)	5604,18
36 (-)	8249,32
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los caudales másicos de entrada y salida del decantador se muestran en la Tabla 15.

*Tabla 15 caudales másicos de las entradas y salidas de la primera decantación*

<b>CORRIENTE</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	1104,67	662,80	441,87
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	567,20	5,62	561,58
o-nitrofenol	42,81	32,10	10,70
bisulfito sódico	17,02	0	17,02
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1731,69</b>	<b>700,52</b>	<b>1031,17</b>

### 5.1.2 Segunda decantación

La corriente 34 se lleva de nuevo a un agitador, donde se disminuye la temperatura de la mezcla hasta los 45 °C.

Se realiza una nueva decantación, cuyas corrientes de entrada y salida se muestran en la Tabla 16. En este caso la fase inferior es la rica en para-nitrofenol, mientras que la fase superior en el decantador es la fase acuosa que contiene las impurezas mayormente.

*Tabla 16 kg por carga en el segundo proceso de decantación*

<b>CORRIENTE</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

ácido nitroso	0	0	0
agua	3534,95	1413,98	2120,97
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	4492,64	4448,16	44,48
o-nitrofenol	85,61	0	85,61
bisulfito sódico	136,13	136,13	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>8249,32</b>	<b>5998,26</b>	<b>2251,06</b>

En la Tabla 17 se muestra que el balance cierra.

*Tabla 17 cierre del balance de materia en la segunda decantación*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
37 (+)	8249,32
38 (-)	5998,26
39 (-)	2251,06
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los caudales de carga y descarga del decantador se muestran en la Tabla 18.

*Tabla 18 Caudal másico en las entradas y salidas del segundo proceso de decantación*

<b>CORRIENTE</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	441,87	176,75	265,12
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	561,58	556,02	5,56
o-nitrofenol	10,70	0	10,70
bisulfito sódico	17,02	17,02	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1031,17</b>	<b>749,78</b>	<b>281,38</b>

### 5.1.3 Cristalización y centrifugación

Por último, se enfría la mezcla de la corriente 36 hasta los 20°C en un cristalizador, donde se obtienen cristales de para-nitrofenol con un 30% en peso de contenido en agua.

Los cristales son separados completamente de la fase líquida, que contiene agua y el bisulfito sódico, y enviados a un tanque de almacenamiento a expensas de ser alimentados en el reactor de hidrogenación.

Las corrientes que intervienen en este proceso se muestran en la Tabla 19.

*Tabla 19 kg por carga en las corrientes de entrada y salida de la cristalización de p-nitrofenol*

<b>CORRIENTE</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
<b>Kg/carga</b>				
fenol	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

ácido sulfúrico	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0
agua	1413,98	1413,98	301,94	1112,04
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0
para-nitrofenol	4448,16	4448,16	0	4448,16
o-nitrofenol	0	0	0	0
bisulfito sódico	136,13	136,13	136,13	0
etanol	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5998,26</b>	<b>5998,26</b>	<b>438,07</b>	<b>5560,19</b>

En la Tabla 20 se muestra el cierre del balance de materia en esta sección.

*Tabla 20 cierre del balance de materia en la cristalización de p-nitrofenol*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
40 (+)	5998,26
41 (-)	438,07
42 (-)	5560,19
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Y en la Tabla 21 se muestran los caudales másicos de entrada y salida del cristalizador y de la separación.

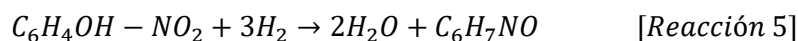
## Anexo I. Balances de materia y energía

*Tabla 21 caudal másico en las corrientes que intervienen en la cristalización de p-nitrofenol*

<b>CORRIENTE</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
<b>Kg/h</b>				
fenol	0	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0
agua	176,75	176,75	37,74	139,00
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0
para-nitrofenol	556,02	556,02	0	556,02
o-nitrofenol	0	0	0	0
bisulfito sódico	17,02	17,02	17,02	0
etanol	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>749,78</b>	<b>749,78</b>	<b>54,76</b>	<b>695,02</b>

## 6 REACTOR DE HIDROGENACIÓN

En este reactor tiene lugar la segunda reacción que interviene en el proceso de síntesis de paracetamol, que consiste en la hidrogenación de para-nitrofenol para dar lugar a para-aminofenol.



Se cargan inicialmente al reactor el para-nitrofenol y 30 m<sup>3</sup> de etanol al 96%, que se emplea como disolvente. Se emplea un catalizador de platino sobre carbono, y a lo largo de la reacción, que se prolonga durante 70 minutos, se añade continuamente hidrógeno en exceso (30%) hasta que reacciona completamente el para-nitrofenol. Una vez terminada la reacción se retiran los gases por la zona superior, y la mezcla líquida se envía a un filtro prensa para retirar el catalizador.

El balance de materia se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22 kg por carga en las corrientes de entrada y salida al reactor de hidrogenación

CORRIENTE	43	45	47	49	50	51
<b>Kg/carga</b>						
fenol	0	0	0	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0
agua	1112,04	968,40	0	0	0	3232,56
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	4448,16	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0
etanol	0	23241,60	0	0	0	23241,60
Pt/C	0	0	380,78	0	0	380,78
hidrógeno	0	0	0	386,76	193,38	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	3489,42
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0



## Anexo I. Balances de materia y energía

hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5560,19</b>	<b>24210,00</b>	<b>380,78</b>	<b>386,76</b>	<b>193,38</b>	<b>30344,36</b>

En la Tabla 23 se muestra el cierre del balance de materia.

*Tabla 23 Cierre balance de materia del reactor de hidrogenación*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
43 (+)	5560,19
45 (+)	24210,00
47 (+)	380,78
49 (+)	386,76
50 (-)	193,38
51 (-)	30344,36
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los caudales másicos horarios se muestran en la Tabla 24.

*Tabla 24 caudales másicos horarios en las entradas y salidas del reactor de hidrogenación*

<b>CORRIENTE</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>
<b>Kg/h</b>						
fenol	0	0	0	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0
agua	139,00	121,05	0	0	0	404,07
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	556,02	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0,00
etanol	0	2905,20	0	0	0	2905,20
Pt/C	0	0	47,60	0	0	47,60
hidrógeno	0	0	0	48,34	24,17	0
p- aminofenol	0	0	0	0	0	436,18
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	0	0	0	0
paracetamol	0	0	0	0	0	0
Ácido acético	0	0	0	0	0	0
TOTAL	695,02	3026,25	47,60	48,34	24,17	3793,04

En cuanto al balance de energía, los cálculos pormenorizados de este equipo se muestran en el Anexo II Cálculos justificativos de esta memoria, puesto que se han realizado mediante el desarrollo de un programa de Matlab®. El calor total a retirar del sistema en este caso es de  $-1,818 \cdot 10^7$  kJ.

## 7 RECUPERACIÓN DE ETANOL (A-600)

Tras la separación del catalizador sólido, se realiza una evaporación del etanol contenido en la mezcla, que arrastra parte del agua. En esta zona se instala una columna de destilación para la purificación del etanol hasta el 96% en peso, puesto que en esa concentración presenta un azeótropo con el agua.

Esta separación se simuló con ayuda de aspen hysys, donde la corriente de entrada es la obtenida tras la separación. Esta zona de la planta trabaja en un régimen continuo, y los caudales máxicos se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25 Caudales máxicos horarios de las corrientes de entrada y salida de la columna de destilación T-601

CORRIENTE	57	58	59
Kg/h			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	185,98	70,74	115,24
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	2905,20	139,45	2765,75
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	0
Ácido acético	0	0	0
TOTAL	3091,18	210,19	2880,99

La comprobación de cierre del balance de materia se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26 Cierre del balance de materia de la unidad T-601

Corriente	Kg/h
57 (+)	3091,18
58 (-)	210,19
59 (-)	2880,99
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

En la simulación los resultados obtenidos son muy semejantes. Se comenzó realizando un shortcut para comprobar que la separación era posible en los términos deseados, y para obtener una aproximación de la columna real. A continuación, se simuló la columna con la separación por cabezas de etanol en un 96% en peso de concentración, y con una recuperación del etanol de entrada del 95%.

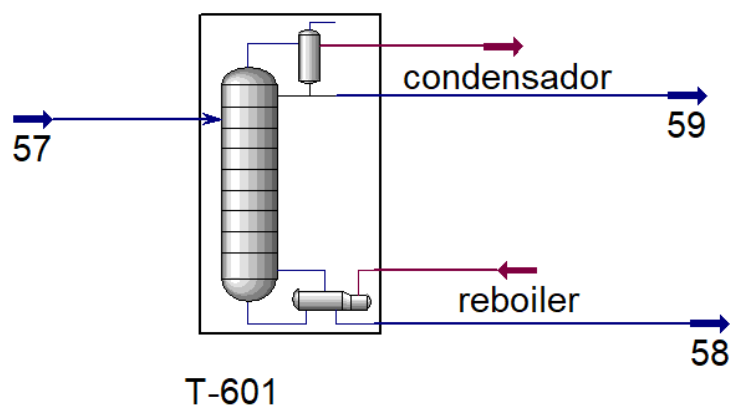


Figura 6 simulación de la sección de recuperación de etanol en Aspen Hysis

La fracción en peso de la corriente 59 y su flujo másico se muestran en las figuras 7 y 8.

**Material Stream: 59**

Worksheet | Attachments | Dynamics

**Worksheet**

- Conditions
- Properties
- Composition
- Oil & Gas Feed
- Petroleum Assay
- K Value
- User Variables
- Notes
- Cost Parameters
- Normalized Yields

	Mass Fractions	Liquid Phase
Ethanol	0.9600	0.9
H2O	0.0400	0.0

Total: 1,00000

Edit... View Properties... Basis...

OK

Delete Define from Stream... View Assay

Figura 7 fracción másica de la corriente 57 en la simulación

## Anexo I. Balances de materia y energía

Worksheet		
	Mass Flows	Liquid Phase
Ethanol	2765,7617	2765,7617
H2O	115,1706	115,1706

Total 2880,93230 kg/h

Buttons: Edit..., View Properties..., Basis...

Bottom bar: OK, Delete, Define from Stream..., View Assay, Left Arrow, Right Arrow

*Figura 8 caudales máxicos de la corriente 57 en la simulación*

Por otra parte, la corriente 58 contiene agua mayoritariamente junto con etanol, y es enviada a tratamiento.

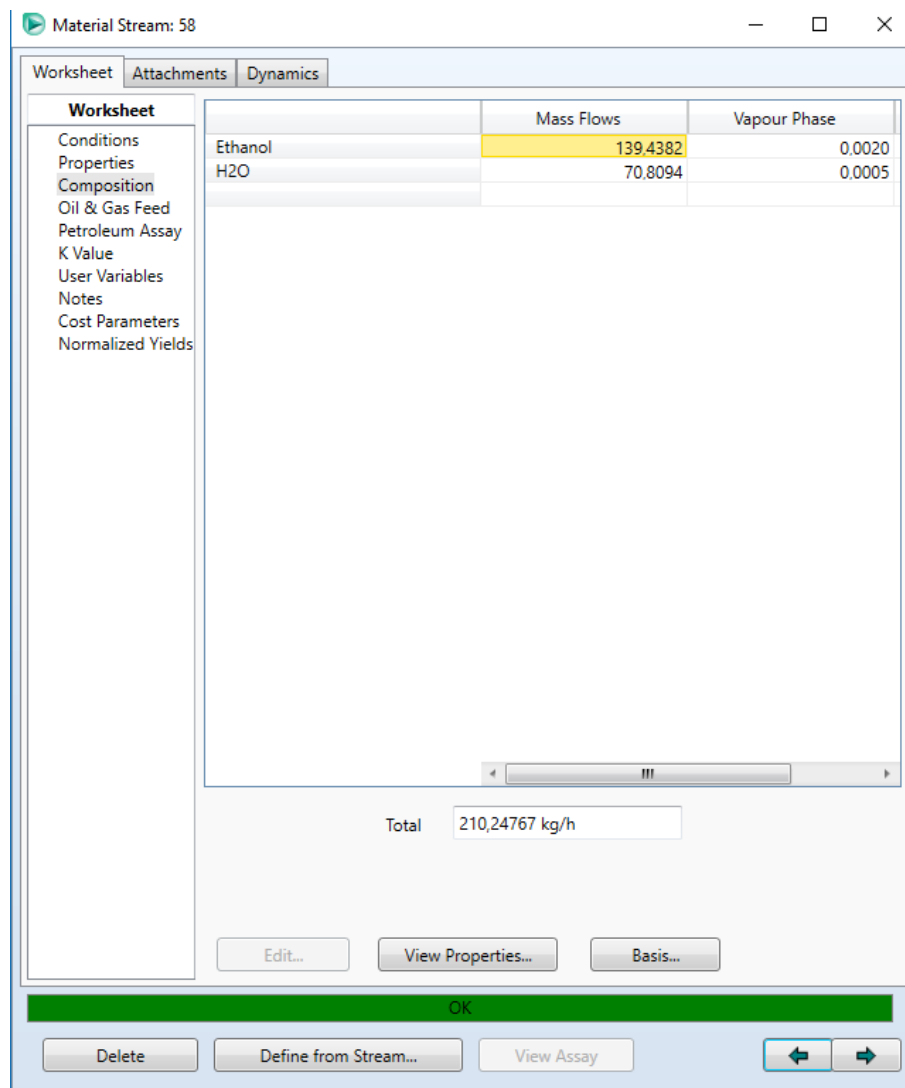


Figura 9 caudales máxicos de la corriente 56 en la simulación

El balance de energía se realiza partiendo de los datos obtenidos para la entalpía de cada corriente a partir de la simulación realizada con el programa Aspen Hysis, y se muestra en la Tabla 27.

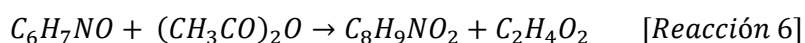
Tabla 27 Balance de materia de la columna T-601

Corriente	Kg/h	T(°C)	H (kJ/kg)
57	3091,18	115	-5455
58	210,19	80,27	-9122
59	2880,99	78,09	-6245
Equipo		$\dot{Q}$ (kW)	
T-601		5062,35	

## 8 REACTOR DE ACETILACIÓN

En la reacción de acetilación entra la corriente 61 de salida del evaporador, que contiene para-aminofenol y agua en proporción en peso de 1:2, y la corriente 62 conteniendo anhídrido acético en un exceso estequiométrico de un 20%.

El para-aminofenol se carga en el reactor, y posteriormente se añade el anhídrido acético, se lleva a una temperatura de 80°C y reacciona rápidamente, terminando en un período de 75 minutos. El rendimiento de esta reacción se supone de un 99%. La reacción que se lleva a cabo se muestra en la reacción 6.



Las corrientes de entrada y salida en el reactor se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28 kg por carga en la entrada y salida del reactor de acetilación

CORRIENTE	61	62	63
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	1744,71	0	1744,71
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	3489,42	0	34,89
anhídrido acético	0	3917,27	685,52
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	4785,25



## Anexo I. Balances de materia y energía

Ácido acético	0	0	1901,03
<b>TOTAL</b>	<b>5234,13</b>	<b>3917,27</b>	<b>9151,40</b>

El cierre del balance se muestra en la Tabla 29.

*Tabla 29 Cierre del balance de materia en el reactor de acetilación*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
61(+)	5234,13
62 (+)	3917,27
63 (-)	9151,40
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

En la Tabla 30 se muestra el caudal másico de cada corriente durante la operación.

*Tabla 30 caudales másicos horarios en las entradas y salidas del reactor de acetilación*

<b>CORRIENTE</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	218,09	0	218,09
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	436,18	0	4,36
anhídrido acético	0	489,66	85,69
hidróxido amónico	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

negro de carbón	0	0	0
paracetamol	0	0	598,16
Ácido acético	0	0	237,63
TOTAL	654,27	489,66	1143,93

El balance de materia a su vez es mostrado en el Anexo II Cálculos justificativos, puesto que se realizó con un programa desarrollado en el software Matlab®, y el calor acumulado total al final de la reacción, y a retirar del sistema es de  $-1,078 \cdot 10^6$  kJ.

## 9 PRIMERA CRISTALIZACIÓN DEL PARACETAMOL

La mezcla de salida del reactor de acetilación, R-701, se introduce a su salida en un cristalizador donde se añaden cristales semilla de paracetamol con el objetivo de conseguir la cristalización de este. Las corrientes que intervienen en el proceso se muestran en la Tabla 31.

*Tabla 31 kg por carga en las corrientes de entrada y salida del cristalizador C-701*

CORRIENTE	63	64	65
Kg/carga			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	1744,71	0	1744,71
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	34,89	0	34,89
anhídrido acético	685,52	0	685,52
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	4785,25	120	4905,25
Ácido acético	1901,03	0	1901,03
TOTAL	9151,40	120	9271,40

El cierre del balance de materia se muestra en la tabla 32.

*Tabla 32 Cierre del balance de materia en el cristalizador C-701*

Corriente	Kg/batch
-----------	----------

## Anexo I. Balances de materia y energía

63 (+)	9151,40
64 (+)	120
65 (-)	9271,40
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los caudales másicos horarios se muestran en la tabla 33.

*Tabla 33 Caudales másicos horarios de las corrientes de entrada y salida al equipo C-701*

<b>CORRIENTE</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	218,09	0	218,09
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	4,36	0	4,36
anhídrido acético	85,69	0	85,69
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	598,16	15,00	613,16
Ácido acético	237,63	0	237,63
<b>TOTAL</b>	<b>1143,93</b>	<b>15,00</b>	<b>1158,93</b>

El balance de energía de este equipo también se detalla en el Anexo II, y el calor acumulado total a retirar del sistema es de  $6,85 \cdot 10^5$  kJ.

## 10 PURIFICACIÓN DE PARACETAMOL

Una vez realizado el primer tratamiento con hidróxido amónico, se vuelven a introducir los cristales de paracetamol, que contienen un 2% en peso en agua, en un agitador con hidróxido amónico y agua en una relación agua:paracetamol de 2:1 en peso, lo que ajusta finalmente el pH de la mezcla en el intervalo entre 5,5 y 6,5. Se introduce un absorbente, en este caso negro de carbón, para retener posibles impurezas imperceptibles, pero que disminuyen la calidad del sólido final. Al final se filtra la mezcla para recuperar el negro de carbón, y posteriormente se cristaliza el paracetamol con el contenido final en agua deseado de un 99,5%, y se filtra y seca en un filtro de prensa para obtener el producto final. El balance de estos equipos se muestra en la Tabla 34.

*Tabla 34 Kg por batch en las corrientes de la sección de purificación de paracetamol*

CORRIENTE	67	68	69	70	71	72
<b>Kg/carga</b>						
fenol	0	0	0	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0
agua	100,11	9810,51	0	9910,61	0	9910,61
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	100,00	100,00	100,00	0
paracetamol	4905,25	0	0	4905,25	0	4905,25
Ácido acético	0	0	0	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

TOTAL	5005,36	9810,51	100,00	14915,86	100,00	14815,86
-------	---------	---------	--------	----------	--------	----------

En la Tabla 35 se muestra el caudal horario durante la duración de la operación.

*Tabla 35 caudal másico horario de las corrientes en la sección de purificación de paracetamol*

CORRIENTE	67	68	69	70	71	72
<b>Kg/h</b>						
fenol	0	0	0	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0	0	0	0
agua	12,51	1226,31	0	1238,83	0	1238,83
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0	0	0	0
etanol	0	0	0	0	0	0
Pt/C	0	0	0	0	0	0
hidrógeno	0	0	0	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0	0	0	0
negro de carbón	0	0	12,5	12,5	12,5	0
paracetamol	613,16	0	0	613,16	0	613,16
Ácido acético	0	0	0	0	0	0
TOTAL	625,67	1226,31	12,50	1864,48	12,50	1851,98

El balance de materia cierra como se muestra en la Tabla 36.

*Tabla 36 Cierre de los balances de materia en la sección de purificación del paracetamol*

Corriente	Kg/batch
-----------	----------

## Anexo I. Balances de materia y energía

67 (+)	5005,36
68 (-)	9810,51
69 (-)	100,00
70 (-)	14915,86
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
70 (+)	14915,86
71 (-)	100,00
72 (-)	14815,86
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Para la cristalización del paracetamol en el cristalizador C-801 en una carga intervienen las corrientes mostradas en la Tabla 37.

*Tabla 37 kg por carga en las corrientes de entrada y salida del cristalizador C-801*

<b>CORRIENTE</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	9910,61	0	9910,61
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

paracetamol	4905,25	120	5025,25
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>14815,86</b>	<b>120</b>	<b>14935,86</b>

El cierre del balance de materia en el cristalizador C-801 se muestra en la tabla 38.

*Tabla 38 Cierre del balance de materia en el cristalizador C-801*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
72 (+)	14815,86
73 (+)	120
74 (-)	14935,86
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Y en la Tabla 39 se muestran los caudales másicos para las corrientes de entrada y salida del cristalizador final de paracetamol.

*Tabla 39 Caudales másicos horarios de las corrientes de entrada y salida al cristalizador C-801*

<b>CORRIENTE</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	1238,83	0	1238,83
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0



## Anexo I. Balances de materia y energía

anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	613,16	15,00	628,16
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1851,98</b>	<b>15,00</b>	<b>1866,98</b>

En la cristalización el balance de energía se detalla a su vez en el Anexo II Cálculos justificativos, y el calor total a retirar del sistema es de  $6,85 \cdot 10^5$  kJ.

Y por último, el balance de materia para la filtración del producto final se muestra en la Tabla 40.

*Tabla 40 kg por carga en la filtración de los cristales de paracetamol*

<b>CORRIENTE</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>
<b>Kg/carga</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	9910,61	9885,36	25,25
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0
hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

paracetamol	5025,25	0	5025,25
Ácido acético	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>14935,86</b>	<b>9885,36</b>	<b>5050,51</b>

La comprobación de cierre del balance se muestra en la Tabla 41.

*Tabla 41 Cierre del balance de materia en la filtración de paracetamol*

<b>Corriente</b>	<b>Kg/batch</b>
74 (+)	14935,86
75 (-)	9885,36
76 (-)	5050,51
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Los caudales másicos horarios de cada corriente se muestran en la Tabla 42..

*Tabla 42 Caudales másicos horarios en las corrientes de entrada y salida del filtro F-802*

<b>CORRIENTE</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>
<b>Kg/h</b>			
fenol	0	0	0
ácido sulfúrico	0	0	0
ácido nítrico	0	0	0
ácido nitroso	0	0	0
agua	1238,83	1235,67	3,16
tetraóxido de dinitrógeno	0	0	0
para-nitrofenol	0	0	0
o-nitrofenol	0	0	0
bisulfito sódico	0	0	0
etanol	0	0	0
Pt/C	0	0	0
hidrógeno	0	0	0
p-aminofenol	0	0	0
anhídrido acético	0	0	0

## Anexo I. Balances de materia y energía

hidróxido amónico	0	0	0
negro de carbón	0	0	0
paracetamol	628,16	0	628,16
Ácido acético	0	0	0
TOTAL	1866,98	1235,67	631,31

## **Anexo II: Cálculos justificativos**

## 0 ÍNDICE

### Contenido

0	ÍNDICE .....	1
1	ALCANCE .....	3
2	COLUMNA C-401 .....	4
2.1	Balance de materia .....	4
3	REACTOR R-501 .....	8
3.1	Sistema reactivo .....	8
3.2	Tipo de reactor .....	8
3.3	Catalizador .....	14
3.4	Cálculos previos al diseño .....	15
3.5	Diseño del reactor .....	16
3.5.1	Balance de materia .....	17
3.5.2	Balance de energía .....	20
3.5.3	Diseño mecánico .....	29
3.5.4	Peso del reactor .....	32
3.5.5	Agitación .....	33
3.6	Dispositivo de alivio: válvula .....	36
4	REACTOR R-701 .....	40
4.1	Diseño del reactor .....	40
4.1.1	Balance de materia .....	40
4.1.2	Balance de energía .....	43
4.1.3	Diseño mecánico .....	50
4.1.4	Peso del reactor .....	53
4.1.5	Agitación .....	54
5	CRISTALIZADOR C-701 .....	56

## Anexo II. Cálculos justificativos

5.1	Balance de materia .....	56
5.2	Balance de energía .....	58
5.2.1	Diseño mecánico.....	65
6	CRISTALIZADOR C-801 .....	68
6.1	Balance de materia .....	68
6.2	Balance de energía .....	69
6.2.1	Diseño mecánico.....	76
7	Bibliografía.....	79

## **1 ALCANCE**

En este anexo se presentan los cálculos realizados para la obtención de los parámetros de diseño de los principales equipos del proceso. Se realizará el diseño completo de dos de los reactores (R-501 y R-701) y de los cristalizadores (C-701 y C-802), y se presenta el cálculo necesario para la realización del balance de materia de la columna de destilación por arrastre de vapor (C-401).

Los cálculos se realizan de acuerdo con el código de diseño ASME para el diseño mecánico de los equipos.

## 2 COLUMNA C-401

La columna C-401 se trata de una columna de destilación por arrastre de vapor, donde se pretende llevar a cabo la separación del orto-nitrofenol de la disolución que contiene el para-nitrofenol generado en la reacción de nitración del fenol. Esta columna conforma la primera parte de la purificación del para-nitrofenol, seguida de dos decantaciones y una cristalización final del producto intermedio para ser empleado en la reacción de hidrogenación.

La destilación por arrastre de vapor consiste en agregar agua, en forma de vapor, de forma intencionada a la mezcla orgánica que se está destilando con el objetivo de reducir la temperatura necesaria para el proceso. Se puede emplear para trabajar con una o dos fases (caso que se puede dar en esta columna, puesto que el orto-nitrofenol es menos soluble que el para-nitrofenol), y aún así el vapor condensado formará dos fases finalmente. El proceso se puede considerar como una destilación azeotrópica, donde el solvente agregado es agua y la separación sucede entre volátiles y no volátiles. Es un sistema ampliamente empleado en sistemas de purificación.

Cuando existe una fase de agua líquida, tanto la capa de agua como la de la sustancia orgánica ejercen sus propias presiones de vapor. Se trabajará a presión atmosférica, y para este caso la temperatura debe ser menor de 100°C, aun cuando la sustancia orgánica pueda hervir por sí mismo a cientos de grados. Esto representa la gran ventaja de este proceso, la reducción de la temperatura necesaria. Como cada fase ejerce su propia presión de vapor, la composición del vapor es constante e independiente de la del líquido. (Wankat, 2008)

### 2.1 Balance de materia

La presión total en el sistema es igual a la suma de las presiones parciales de la fase orgánica y del agua.

$$P_{org} + P_{agua} = P_{TOTAL} \quad [Ecuación 1]$$

$$(PV_{org})x_{volátil\ en\ org} = (PV_{agua})x_{agua\ en\ agua} = P_{TOTAL} \quad [Ecuación 2]$$

El sistema se muestra en la Figura 1, con los datos en base seca (sin agua), puesto que es así como se realizan los balances de materia en torno a la caldera:



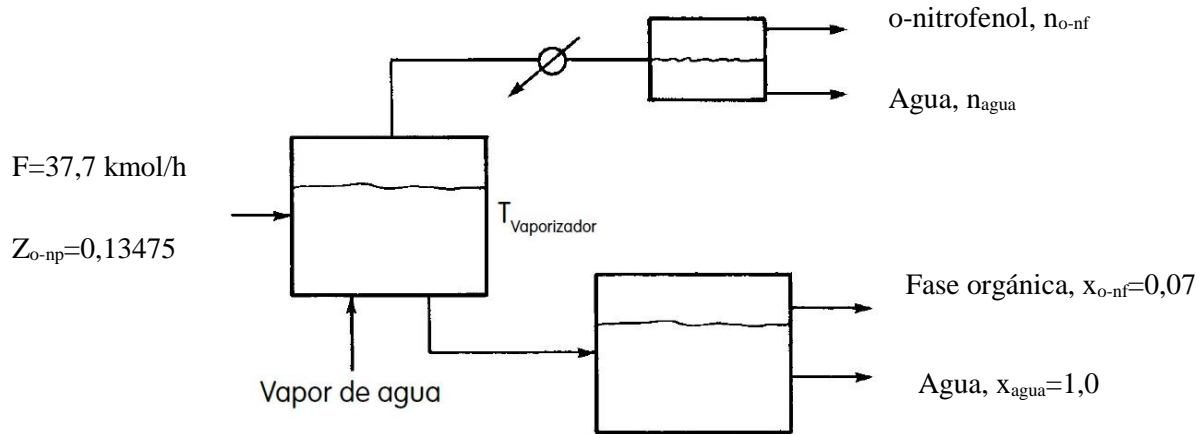


Figura 1 Esquema columna de destilación por arrastre de vapor

Los balances de materia, tanto el global como el de componente (en referencia al orto-nitrofenol) se muestran en las ecuaciones 3 y 4.

$$F = n_{o\text{-nitrofenol,vapor}} + B \quad [\text{Ecuación 3}]$$

$$z_{o\text{-nitrofenol}}F = n_{o\text{-nitrofenol,vapor}} + x_{o\text{-nitrofenol}}B \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde B es la tasa de flujo de fondos de la fase orgánica. Resolviendo ambas ecuaciones a la vez se obtiene:

$$\begin{aligned} - \quad n_{o\text{-nitrofenol}} &= 2,62 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \\ - \quad B &= 35,08 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Para conocer la temperatura de la caldera se deben conocer los datos de presión tanto del orto-nitrofenol como del agua. Ambos se obtienen de (Perry, 1997) y se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1 Presión de vapor del orto-nitrofenol (hasta 1 atmósfera) y sus correspondientes temperaturas (°C)

PV (mm Hg)	1	5	10	20	40	60	100	200	400	760
T (°C)	43,9	76,8	90,4	105,8	122,1	132,6	146,4	167,6	191,0	214,5

Mientras que, para el caso del agua, la presión parcial se obtiene también en mmHg a partir de la temperatura.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Tabla 2 Presión de vapor (mmHg) del agua en función de la temperatura

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	92.51	97.20	102.09	107.20	112.51	118.04	123.80	129.82	136.08	142.60
60	149.38	156.43	163.77	171.38	179.31	187.54	196.09	204.96	214.17	223.73
70	233.7	243.9	254.6	265.7	277.2	289.1	301.4	314.1	327.3	341.0
80	355.1	369.7	384.9	400.6	416.8	433.6	450.9	468.7	487.1	506.1
90	525.76	527.76	529.77	531.78	533.80	535.82	537.86	539.90	541.95	544.00
91	546.05	548.11	550.18	552.26	554.35	556.44	558.53	560.64	562.75	564.87
92	566.99	569.12	571.26	573.40	575.55	577.71	579.87	582.04	584.22	586.41
93	588.60	590.80	593.00	595.21	597.43	599.66	601.89	604.13	606.38	608.64
94	610.90	613.17	615.44	617.72	620.01	622.31	624.61	626.92	629.24	631.57
95	633.90	636.24	638.59	640.94	643.30	645.67	648.05	650.43	652.82	655.22
96	657.62	660.03	662.45	664.88	667.31	669.75	672.20	674.66	677.12	679.69
97	682.07	684.55	687.04	689.54	692.05	694.57	697.10	699.63	702.17	704.71
98	707.27	709.83	712.40	714.98	717.56	720.15	722.75	725.36	727.98	730.61
99	733.24	735.88	738.53	741.18	743.85	746.52	749.20	751.89	754.58	757.29
100	760.00	762.72	765.45	768.19	770.93	773.68	776.44	779.22	782.00	784.78
101	787.57	790.37	793.18	796.00	798.82	801.66	804.50	807.35	810.21	813.06

Tras realizar varias iteraciones partiendo de una temperatura y comprobando con la ecuación 2, se llega al resultado final. La temperatura óptima es de  $99,6^\circ\text{C}$ , donde la  $PV_{o\text{-nitrofenol}}$  es de aproximadamente 16 mmHg y la  $PV_{\text{agua}}$  es de 749,2. Teniendo en cuenta que la presión total se va a suponer de 750 mmHg, se debe comprobar empleando la ecuación 3.

$$16 \text{ mmHg} \cdot 0,07 + 749,2 \text{ mmHg} \cdot 1,0 = 750,3 \text{ mmHg} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Se toma por válida la temperatura de  $99,6^\circ\text{C}$ , y se procede a terminar el balance de materia de la columna. Conocido que  $n_{o\text{-nitrofenol}} = 2,62 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$ , el agua en la corriente de destilados se obtiene mediante la ecuación 5.

$$n_{\text{agua}} = \frac{n_{o\text{-nitrofenol}}}{(PV_{o\text{-nitrofenol}})x_{o\text{-nf}}} \cdot [P_{\text{TOTAL}} - (PV_{o\text{-nitrofenol}})x_{o\text{-nf}}] \quad [\text{Ecuación 5}]$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{2,62 \text{ kmol/h}}{16 \text{ mmHg} \cdot 0,07} \cdot [750 \text{ mmHg} - 16 \text{ mmHg} \cdot 0,07] = 1751,84 \text{ kmol/h}$$

Y los moles de agua en la corriente de colas son:

$$n_{\text{agua,colas}} = \frac{n_{o\text{-nf}}\lambda_{o\text{-nf}}}{\lambda_{\text{agua}}} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

Donde:

- $\lambda_{o\text{-nf}} = 52287,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  (Weast, 1987-1988)
- $\lambda_{\text{agua}} = 2256,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  (Wankat, 2008)

Por lo que:

## Anexo II. Cálculos justificativos

$$n_{agua,colas} = \frac{2,62 \frac{kmol}{h} \cdot \left( 52287,5 \frac{kJ}{kg} \right) \cdot (139,1 \frac{kg}{kmol})}{\left( 2256,9 \frac{kJ}{kg} \right) \cdot (18,016 \frac{kg}{kmol})} = 468,66 \frac{kmol}{h}$$

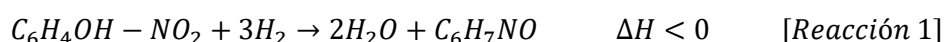
Lo que representa 8443,33 kg de agua en la corriente de colas de la columna de destilación por arrastre de vapor.

### 3 REACTOR R-501

#### 3.1 Sistema reactivo

El sistema reactivo empleado para la producción de para-aminofenol consta de una reacción de hidrogenación de para-nitrofenol, catalizada por partículas sólidas de platino soportado en carbono activo. Por tanto, es una reacción multifásica, puesto que los cristales de para-nitrofenol son disueltos en un medio formado por etanol al 96%, y a lo largo del tiempo total de reacción se alimenta hidrógeno gas, burbujeándolo al reactor.

La reacción en cuestión se muestra en la Reacción 1.



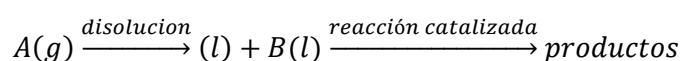
Es una reacción altamente exotérmica, que se desea llevar a cabo de manera isotérmica, a una temperatura de reacción de 80°C, por lo que será necesaria la retirada de calor del sistema a lo largo de la operación del reactor.

Una vez terminada la reacción, se procede a la retirada de los gases en exceso del tanque, y se procede a la recuperación del catalizador.

#### 3.2 Tipo de reactor

Se va a emplear un reactor para una reacción gas/líquido sobre un catalizador sólido. Los tipos de reactores más empleados para este tipo de reacciones son: reactor de goteo, reactores con sólidos en suspensión y reactores fluidizados de tres fases.

La reacción es del tipo:



Este tipo de reacción se puede llevar a cabo de diferentes formas, y para ello existen distintos tipos de equipos de contacto, que se van a explicar brevemente a continuación. Por un lado, se encuentran los equipos con un lecho fijo, mostrados en la Figura 2.

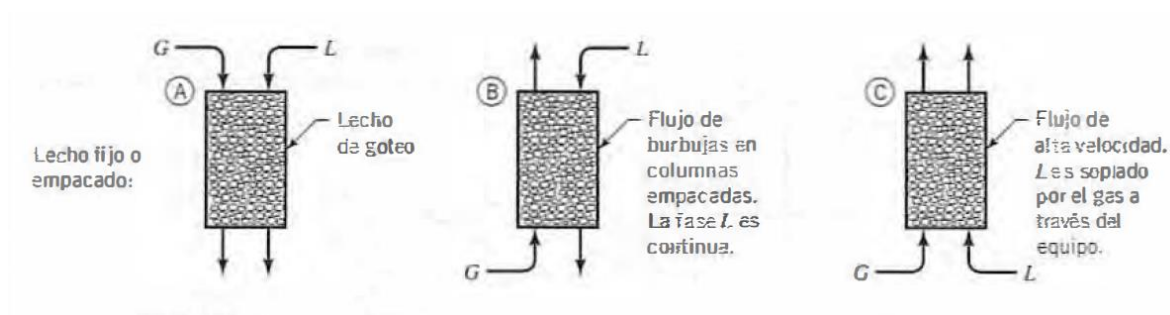


Figura 2 Distintos tipos de reactores de lecho fijo

Por otra parte, se encuentran los reactores con partículas en suspensión, mostrados en la Figura 3.

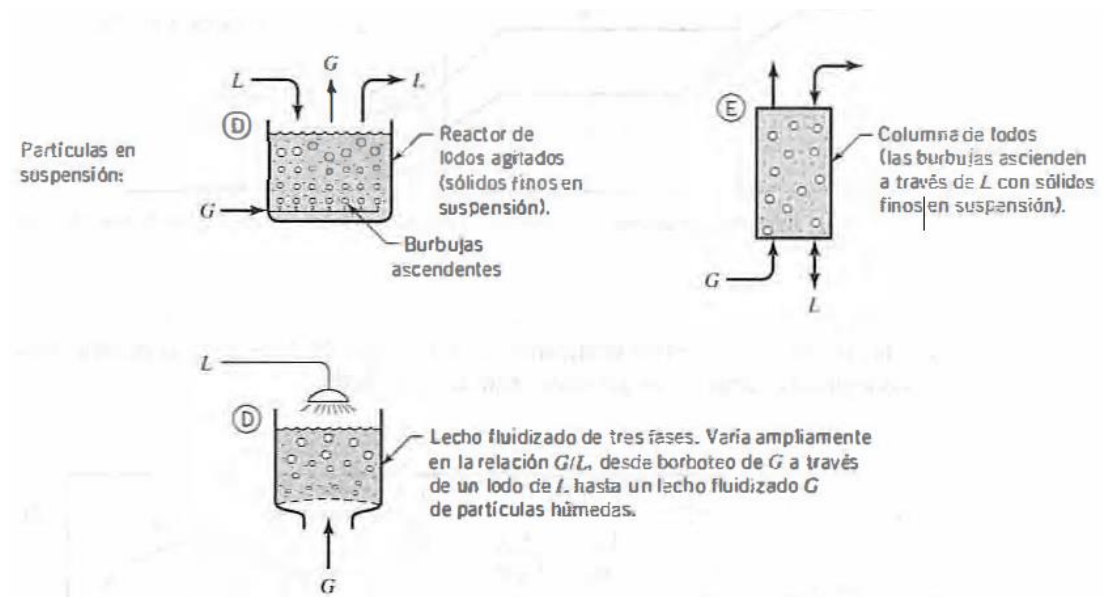


Figura 3 Diferentes configuraciones de reactores con partículas en suspensión

De forma general, la reacción en este tipo de reactores en los que interviene tres fases se desarrolla en la fase líquida, o en la interfase líquido/sólido. En el caso de los reactores con lecho fijo, las partículas presentan diámetros mucho mayores (de hasta 2 o 3 mm) y pueden llegar a ocupar el 50% del volumen del reactor. En el caso de las partículas en suspensión, su diámetro está comprendido entre los 0,1 hasta 0,2 mm, para favorecer los procesos de filtración, y suelen ocupar desde un 1% hasta un 10% del volumen del reactor. (Perry, 1997)

Entre los reactores de lecho fijo destacan dos tipos:

- **Reactor de lecho percolador:** Son un tipo de reactor de lecho fijo que opera en tres fases, y son ampliamente utilizados en el hidrotratamiento en refinerías e hidrocrackeo. El flujo de gas y líquido es en la misma dirección, y el impulso del líquido se realiza por la fuerza gravitatoria, distribuyéndose por el soporte de catalizador. Son empleados para operación continua y con bajos tiempos de residencia, y permite trabajar a presiones elevadas y con relaciones  $L/D$  altas. En algunos casos, se puede poner en contacto el gas y el líquido en contracorriente, como se muestra en la figura 4, lo que presenta la principal ventaja que se pueden retirar de manera selectiva subproductos que puedan afectar negativamente al desarrollo de la reacción. (García) (Perry, 1997)

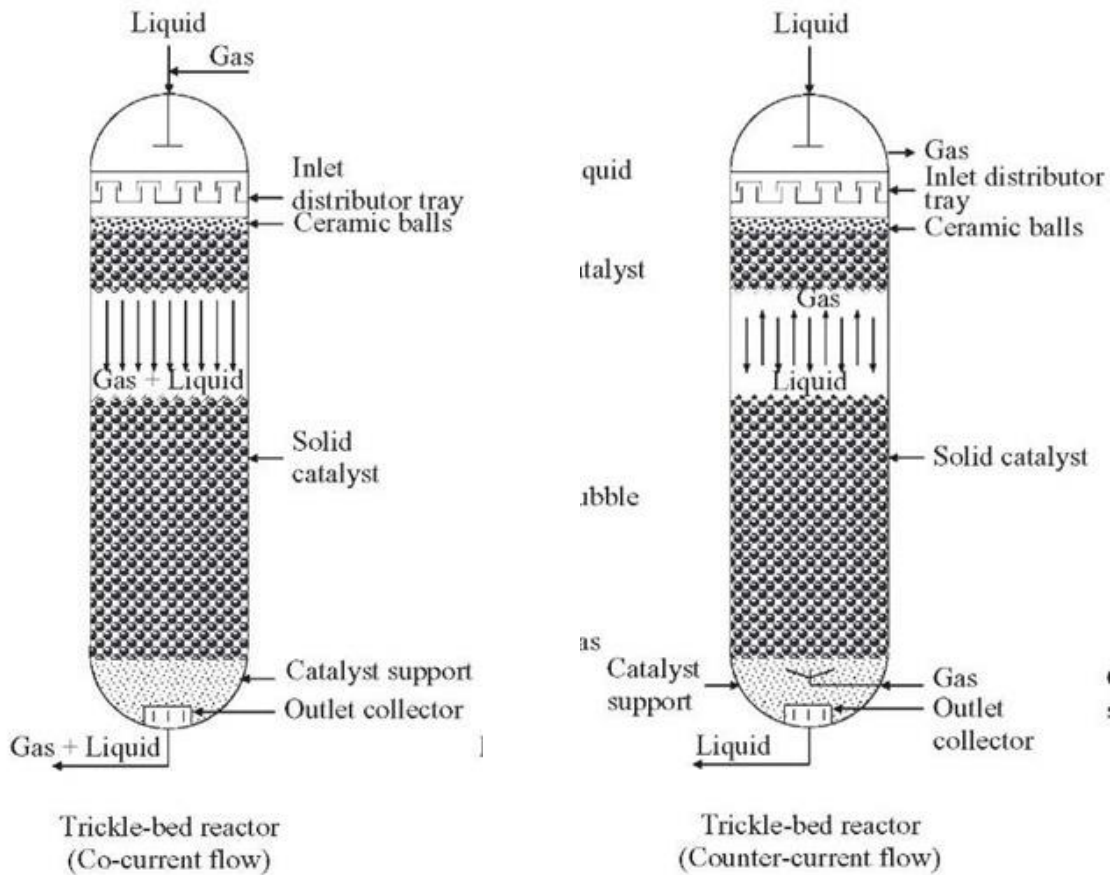


Figura 4 Reactor de lecho percolador

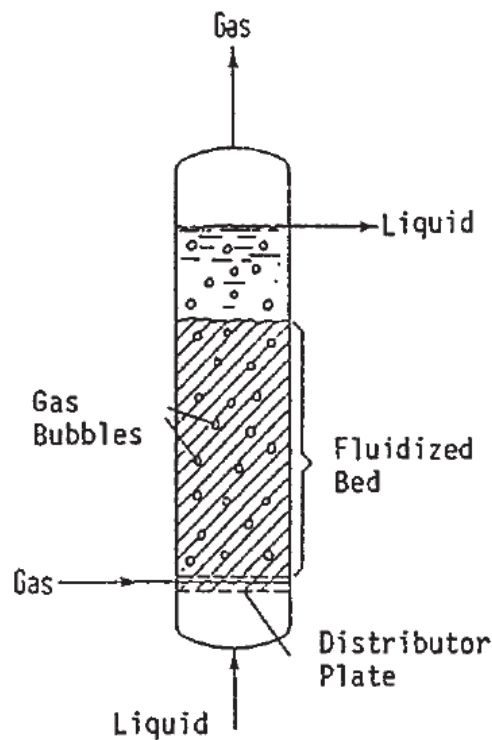
- Reactor de lecho fijo inundado: Los flujos de líquido y gas son ambos en sentido ascendente, y se emplea una pantalla en la zona superior para retener el catalizador. Es un reactor empleado para reacciones de hidrogenación, en el que se consigue un buen intercambio de calor. El principal problema, y el causante de que no sea elegido para llevar a cabo la reacción de nitración de para-nitrofenol, es que trabaja con flujos de gas muy bajos (por ejemplo, cuando se necesita una atmósfera de hidrógeno, pero este no se consume en gran medida). (Perry, 1997)

Pasando a los reactores de lecho fluidizado, cabe destacar:

- Reactor de lodos con agitación mecánica: el catalizador permanece en suspensión en el interior del reactor, y se puede recuperar a la salida empleando técnicas para la separación de sólidos. En comparación con los reactores de lecho fijo, es posible conseguir un muy buen intercambio de calor, y los tiempos de residencia

pueden ser mucho mayores. Como desventaja, el proceso de filtración aumenta los costes de operación.

- Columnas de burbujeo con el sólido fluidizado: la mezcla fluye a través del reactor y es separada tras la salida. Se prefiere a los lechos fluidizados cuando el catalizador es muy pequeño o puede sufrir desintegración por la agitación.



*Figura 5 Reactor de lecho fluidizado trifásico*

- Reactor de lecho fluidizado con nivel estable de catalizador: El gas y el líquido se alimentan por fondos del reactor, y sólo estas fases fluidas abandonan el reactor. (Perry, 1997)

Para la reacción de nitración se preferirá el uso de un reactor con partículas en suspensión, donde el líquido se cargue previamente, y se alimente el hidrógeno desde la zona inferior a lo largo del tiempo de reacción, y en una cantidad en exceso.

Este tipo de reactores con sólidos en suspensión (también llamados reactores de lodos o tipo slurry) emplean sólidos muy finos. El reactivo gaseoso, el hidrógeno en este caso en particular, se debe disolver primero en el líquido, para posteriormente ambos reactivos difundir hacia la superficie del catalizador, donde se lleva a cabo la reacción.

Se empleará un reactor discontinuo de tanque agitado, que son un tipo de reactor ampliamente utilizado en la industria química, puesto que presentan una gran flexibilidad a la

hora de desarrollar las reacciones deseadas en cada caso. Además, existen multitud de configuraciones de agitadores y diseños del recipiente para conseguir las condiciones de reacción deseada, en este caso la suspensión de las partículas de catalizador de forma continua.

El tanque agitado estándar se muestra en la Figura 6.

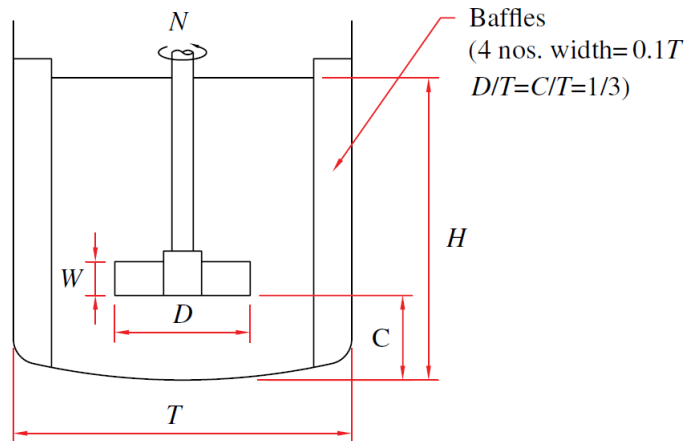


Figura 6 Configuración estándar de un reactor de tanque agitado

El tanque o recipiente suele ser un cilindro vertical, en este caso especial con un cabezal de forma cónica en la zona inferior para la retirada de los sólidos, aunque debido a esta configuración se corre el riesgo de que la mezcla en esa zona del reactor no sea tan homogénea como en el resto del volumen de reacción. En la cubierta superior del tanque se necesita una entrada para el eje del agitador, así como para la entrada de los reactivos y del medio de reacción. En la mayoría de los casos, la relación entre la altura del líquido y el radio del tanque es la unidad ( $H/T=1$ ). De igual manera, el diámetro del rodete es  $D=0,33 \cdot T$ .

En algunos casos el tanque está provisto de baffles o deflectores, que se colocan perpendicularmente al eje central del recipiente, y permiten la formación de vórtices durante la agitación, lo que en ocasiones mejora el contacto entre el gas y el líquido durante la reacción.

El último elemento que destacar de los tanques agitados es el rodete, puesto que dependiendo de su configuración se clasifican en dos categorías principales: flujo axial y flujo radial. Los más empleados se muestran en la Figura 7: a) turbina Rushton standard de 6 palas, b) turbina de seis palas con inclinación de  $45^\circ$ , c) lightning A315 y d) SCABA 6SRGT. (Govind Pangarkar, 2015)



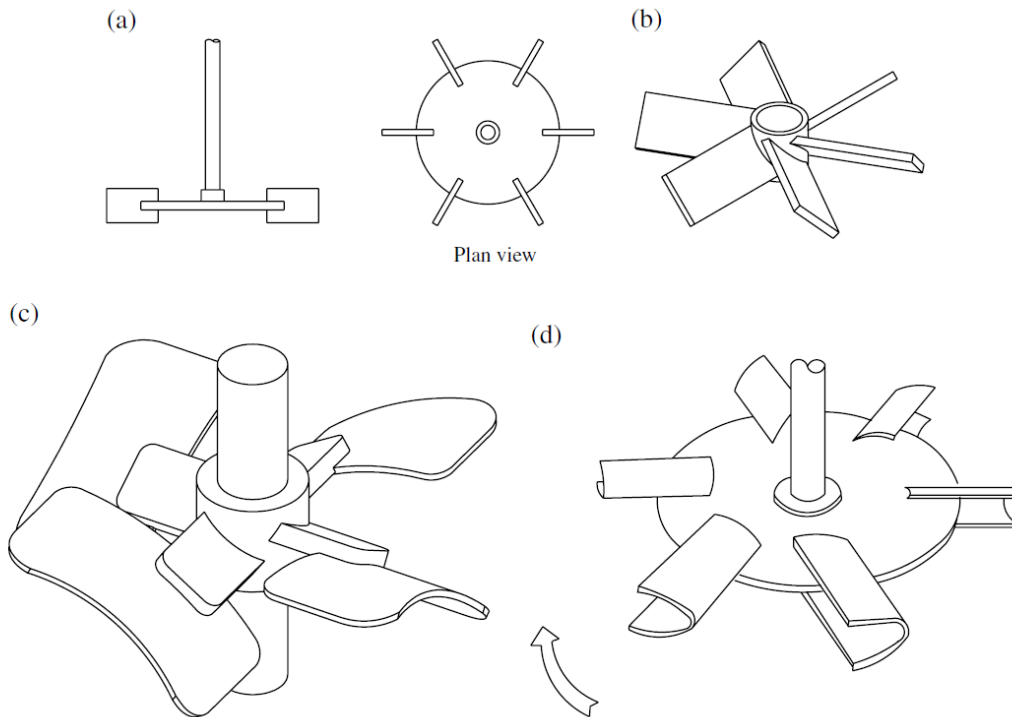


Figura 7 Configuraciones de turbinas más comúnmente empleadas

La gran variedad de agitadores desarrollados actualmente se puede dividir, empleando otro criterio, en los que crean esfuerzos cortantes y los que generan circulación. Por ejemplo, las hélices de flujo axial o las de flujo mixto generan patrones de circulación axiales, buenos para el trabajo con mezclas sólido-líquido para la suspensión de las partículas sólidas, pero en cambio pierden interés al utilizarse en sistemas trifásicos.

En el caso de las turbinas Rushton de flujo radial, generan burbujas más pequeñas y con una menor velocidad de subida, pero en contra consumen mucha energía. Teniendo en cuenta que se necesita que el proceso sea económicamente viable, pero se necesita una operación estable en presencia de gas, se sugiere el empleo de turbinas de aspas inclinadas, que se presentan como la opción más eficiente en sistemas trifásicos.

Los regímenes hidrodinámicos en este tipo de tanques agitados que trabajan con tres fases se muestran en la Figura 8: A: sin dispersión de gas, B: Sólidos asentados en el fondo, C: gas disperso y suspensión de los sólidos, D: recirculación de la mezcla y posible aeración de la superficie.

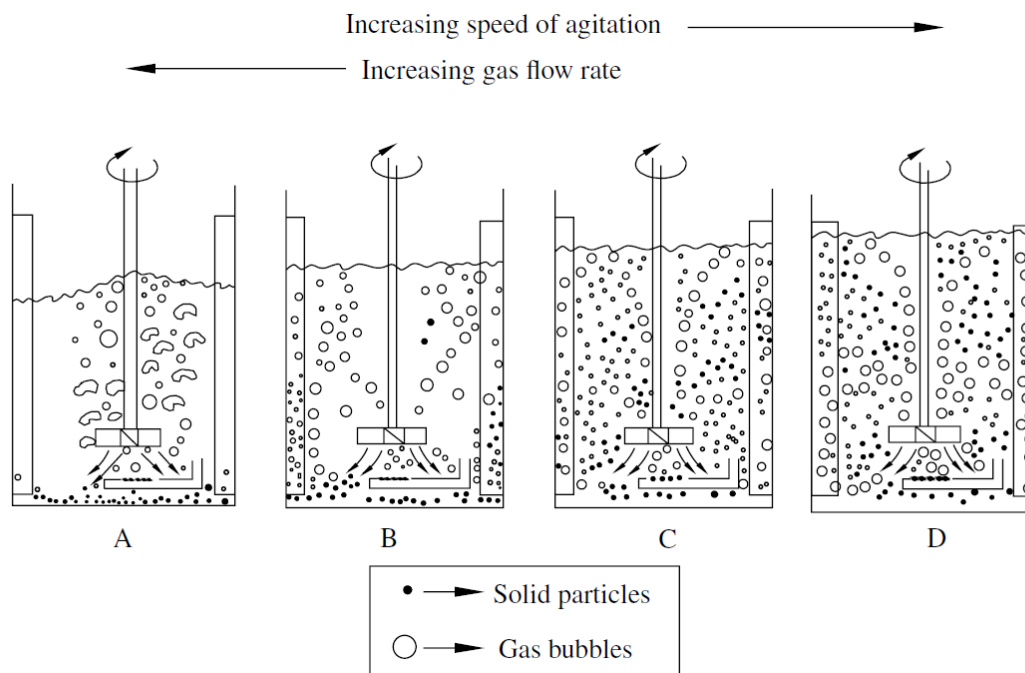


Figura 8 Regímenes hidrodinámicos en reactores agitados con sistemas trifásicos

Cuando un gas es introducido en un tanque con agitación, la flotabilidad del gas empuja el flujo de líquido hacia el fondo del reactor, por lo que es necesario una mayor velocidad de agitación para conseguir la suspensión de las partículas sólidas en la mezcla.

### 3.3 Catalizador

El catalizador escogido para la reacción de hidrogenación del para-nitrofenol es un catalizador de platino adsorbido sobre carbono activo. De acuerdo con la bibliografía consultada, en especial '*Synthesis of p-Aminophenol by catalytic hydrogenation of p-Nitrophenol*' publicado por *Manisha J. Vaidya*, en el cual se realiza un estudio de diferentes catalizadores comprobando con cual se obtienen mejores resultados. Para esta reacción en concreto, se escoge un catalizador de Platino adsorbido en carbono activado fabricado por la empresa Alfa Aesar, empresa englobada dentro de Thermo Fischer Scientific, un fabricante y proveedor de sustancias químicas y metales.

El catalizador finalmente seleccionado contiene platino en un 5% en un soporte de carbono activado, sin contenido en agua. Es suministrado en forma de polvo, es decir, partículas muy pequeñas, del orden de 5nm, y con una densidad d 20°C de 2,26 g/cm<sup>3</sup>.

Según datos aportados por el fabricante, es un sólido inflamable, por lo que se recomienda mantenerlo almacenado lejos de superficies calientes o de chispas y llamas, y conectar a tierra cualquier recipiente en el que participe como reactivo.

Presenta peligros para la salud humana, y ante contacto con la piel se recomienda un lavado inmediato con agua y jabón y consultar al médico, y lo mismo en caso de contacto con los ojos. Su almacenamiento se recomienda que se realice en recipientes cerrados de forma estanca, tomando medidas contra cargas electrostáticas y no depositar con ácidos o agentes oxidantes en caso de almacenamiento conjunto.

### 3.4 Cálculos previos al diseño

La expresión cinética se obtiene a partir de la bibliografía consultada. Se han realizado diferentes experimentos en un reactor discontinuo y se ajustan los resultados a una ecuación determinada. En el documento '*Synthesis of p-Aminophenol by catalytic hydrogenation of p-Nitrophenol*' se aportan tres posibles cinéticas que se ajustan al comportamiento de la reacción de hidrogenación de p-nitrofenol, pero sólo uno de los modelos presentados sigue una tendencia con las variaciones de temperatura, pudiendo ser descartados los otros dos modelos. El modelo y el valor de sus parámetros se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Cinética para la reacción de hidrogenación de para-nitrofenol

Ecuación de velocidad	T (K)	k <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /kg)(m <sup>3</sup> /kmol·s)	K <sub>A</sub> (m <sup>3</sup> /kmol)	K <sub>B</sub> (m <sup>3</sup> /kmol)(m <sup>3</sup> /kmol)
$R_A = wk_1AB/(1 + K_A A + K_B B)$	308	3,060	$2,606 \cdot 10^3$	$9,837 \cdot 10^2$
	323	4,842	$2,843 \cdot 10^3$	$1,077 \cdot 10^3$
	338	14,774	$5,453 \cdot 10^3$	$2,824 \cdot 10^3$
	353	64,484	$1,029 \cdot 10^4$	$4,321 \cdot 10^3$

Donde: A=concentración de hidrógeno en la fase líquida, kmol/m<sup>3</sup>; B= concentración de p-nitrofenol en la fase líquida, kmol/m<sup>3</sup>

Los parámetros de trabajo del reactor, como concentraciones de reactivos, presión del hidrógeno y la temperatura de operación se tratarán de mantener lo más próximas posibles a los empleados para la obtención de la expresión de velocidad.

En este caso se va a trabajar a una temperatura constante en el reactor de 80°C, por lo que se emplearán las constantes cinéticas a esa temperatura (353 K), y será además necesario retirar calor a lo largo de la reacción, puesto que se trata de una reacción exotérmica.

Tabla 4 Entalpías de formación de los compuestos que participan en la reacción de hidrogenación

Compuesto	$\Delta h_f^\circ$ (kJ/mol)	Estado
Para-nitrofenol	-212	sólido
Hidrógeno	0	gas
Para-aminofenol	-194	sólido
Agua	-285	líquido

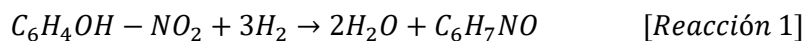
Datos obtenidos de la base de datos del *National Institute of Standards and Technology* ([www.nist.gov](http://www.nist.gov))

A partir de las entalpías estándar de formación, se obtiene la entalpía de reacción para 25°C. Debido a que no se encuentran disponibles los coeficientes específicos de los compuestos para el cálculo de la variación del calor específico con la temperatura, se asumirá que es asumible el uso del valor de entalpía de reacción a 25°C, aunque la reacción se desarrolle a 80°C.

Para el cálculo de la entalpía de reacción se emplea la Ecuación 7, siendo  $\Delta H_R^0$  la entalpía de reacción en condiciones normales,  $\Delta H_f^0$  las entalpías de formación de los diferentes compuestos que participan en la reacción y  $v_i$  los coeficientes estequiométricos de reactivos (con signo negativo) y productos (con signo positivo)

$$\Delta H_R^0 = \sum_i v_i \Delta H_f^0 \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, mostrada en la Reacción 1, la entalpía de reacción puede ser calculada.



- $v_{p\text{-nitrofenol}} = -1$
- $v_{hidrógeno} = -3$
- $v_{agua} = 2$
- $v_{p\text{-aminofenol}} = 1$

$$\Delta H_R^0 = v_{p\text{-nitrofenol}} \cdot \Delta H_{fp\text{-nitrofenol}}^0 + v_{hidrógeno} \cdot \Delta H_{fhidrógeno}^0 + v_{agua} \cdot \Delta H_{fagua}^0 + v_{p\text{-aminofenol}} \cdot \Delta H_{fp\text{-aminofenol}}^0$$

$$\Delta H_R^0 = (1) \cdot (-194) + (2) \cdot (-285) + (-1) \cdot (-212) + (-3) \cdot 0 = -552 \text{ kJ}$$

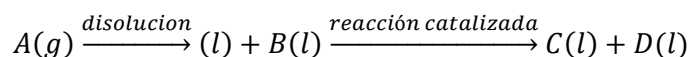
### 3.5 Diseño del reactor

El primer requerimiento que conocer es el tiempo de reacción, cuya obtención depende de la cinética de la reacción, así como del tipo de reactor escogido. En este caso es una reacción

multifásica (donde participan reactivos líquidos y gaseosos en presencia de partículas sólidas de catalizador).

### 3.5.1 Balance de materia

Como ya se ha explicado anteriormente, el patrón que siguen estas reacciones se muestra a continuación:



En este caso, el reactivo gaseoso es el hidrógeno (A), que reacciona con el para-nitrofenol (B) para generar agua (C) y para-aminofenol (D). A partir de este momento se empleará este mismo código de identificación para la realización de los cálculos y del script de Matlab.

Para el caso del empleo de una operación intermitente y con una alimentación en exceso de hidrógeno, la concentración del reactivo gas se puede considerar constante a lo largo del tiempo ( $C_A \approx \text{cte}$ ), y la ecuación de diseño para B se muestra en la ecuación 8.

$$-\frac{dC_B}{dt} = -r_B \quad [\text{Ecuación 8}]$$

O lo que es lo mismo, se emplea la ecuación de diseño para un reactor discontinuo de tanque agitado. En función de la conversión, la expresión a utilizar se muestra en la ecuación 9.

$$-\frac{dX_B}{dt} = \frac{-r_B V}{N_{B0}} \quad [\text{Ecuación 9}]$$

Como en este caso se dispone de la cinética para el compuesto A (hidrógeno), se modifica dicha ecuación teniendo en cuenta la relación mostrada en la ecuación 10.

$$\frac{-r_A}{a} = \frac{-r_B}{b} \quad [\text{Ecuación 10}]$$

Siendo a el coeficiente estequiométrico del hidrógeno en la reacción de hidrogenación, y b el coeficiente estequiométrico del para-nitrofenol. Por tanto, la ecuación de diseño empleada finalmente es la ecuación 11.

$$\frac{dX_B}{dt} = \frac{b \cdot r_A}{a \cdot C_{B0}} = \frac{r_A}{3 \cdot C_{B0}} \quad [\text{Ecuación 11}]$$

Donde:

- X: grado de conversión del para-nitrofenol.
- t: tiempo de reacción.
- $r_A$ : velocidad de consumo del hidrógeno.

## Anexo II. Cálculos justificativos

- $C_{B0}$ : concentración inicial de p-nitrofenol en el reactor.

Por otra parte, el volumen del reactor se va a considerar constante, al trabajar en un reactor intermitente cerrado y rígido, y el volumen inicial del reactor se aproxima al volumen del disolvente empleado ( $30 \text{ m}^3$ ), cantidad escogida para mantener las concentraciones de los reactivos en el mismo rango en el que se obtuvo empíricamente la ecuación cinética.

Los parámetros y datos necesarios para el diseño del reactor son:

- $w$ : carga de catalizador =  $0,6 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $H$ : constante de Henry para el hidrógeno en un medio de etanol a  $80^\circ\text{C}$   
 $= 3,734 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{MPa}}$
- $P_A$ : presión del hidrógeno =  $4 \text{ MPa}$
- $V_0=V$ : volumen del reactor =  $30 \text{ m}^3$
- $\nu_A$ : coeficiente estequiométrico del hidrógeno =  $-3$ .
- $\nu_B$ : coeficiente estequiométrico del p-nitrofenol =  $-1$
- $\nu_C$ : coeficiente estequiométrico del agua =  $2$
- $\nu_D$ : coeficiente estequiométrico del p-aminofenol =  $1$
- $C_{A0}$ : concentración inicial de hidrógeno =  $H \cdot P_A = 0,1494 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_{B0}$ : concentración inicial de p-nitrofenol =  $\frac{N_{B0}}{V} = 1,065 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_{C0}$ : concentración inicial de agua =  $\frac{N_{C0}}{V} = 5,3191 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_{D0}$ : concentración inicial de p-aminofenol =  $\frac{N_{D0}}{V} = 0 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_A$ : concentración de hidrógeno =  $C_{A0} = 0,1494 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$  (al alimentarse en exceso, la concentración de hidrógeno en el reactor puede considerarse constante, como se explicó en la deducción de la ecuación de diseño).
- $C_B$ : concentración de para-nitrofenol =  $C_{B0} - \frac{\nu_B}{\nu_B} \cdot C_{B0} \cdot X \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_C$ : concentración de agua =  $C_{C0} - \frac{\nu_C}{\nu_B} \cdot C_{B0} \cdot X \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_D$ : concentración de para-aminofenol =  $C_{D0} - \frac{\nu_D}{\nu_B} \cdot C_{B0} \cdot X \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Una vez definidos todos los parámetros, se elabora un código en Matlab para el cálculo del tiempo de reacción para la cinética seleccionada, con las concentraciones de entrada establecidas. En la Figura 9 se muestra la variación de concentración de cada compuesto a lo largo del tiempo de reacción, a excepción del agua, que se muestra en una figura diferente para poder observar mejor el agotamiento del para-nitrofenol en el reactor R-501.

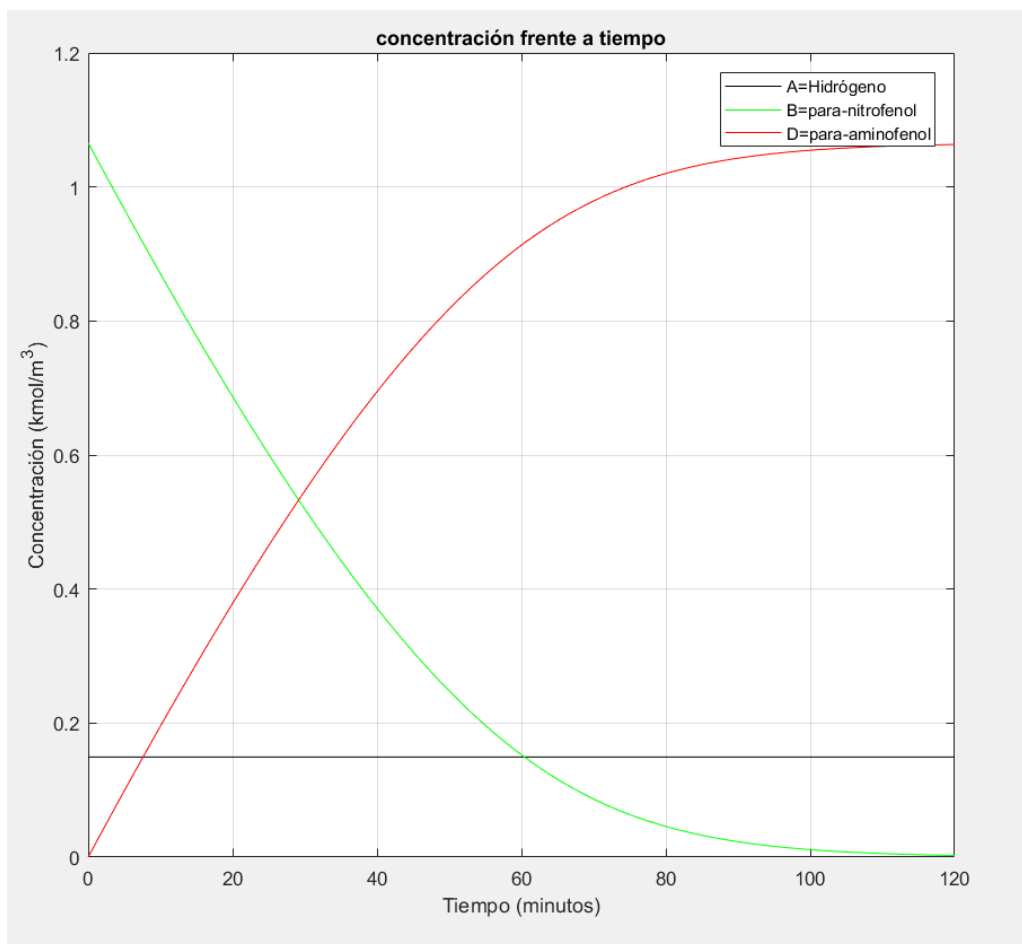


Figura 9 Concentración de reactivos frente al tiempo en el reactor R-501

Como se puede observar, se necesitan 2 horas de reacción para conseguir que el para-nitrofenol se consuma completamente ( $X=1$ ), y se consigue una concentración final de 1,063 kmol/m³ de para-aminofenol. Por otra parte, se muestra que la concentración de hidrógeno permanece constante durante toda la reacción, en un valor firme de 0,1494 kmol/m³.

Por otra parte, la concentración de agua parte de una concentración inicial más elevada, debido a que en el comienzo de la reacción se introduce agua debido a la disolución de etanol que se emplea como medio de reacción. La concentración aumenta con el tiempo puesto que se están formando 2 moles de agua por cada mol consumido de para-nitrofenol, y se muestra en la Figura 10.

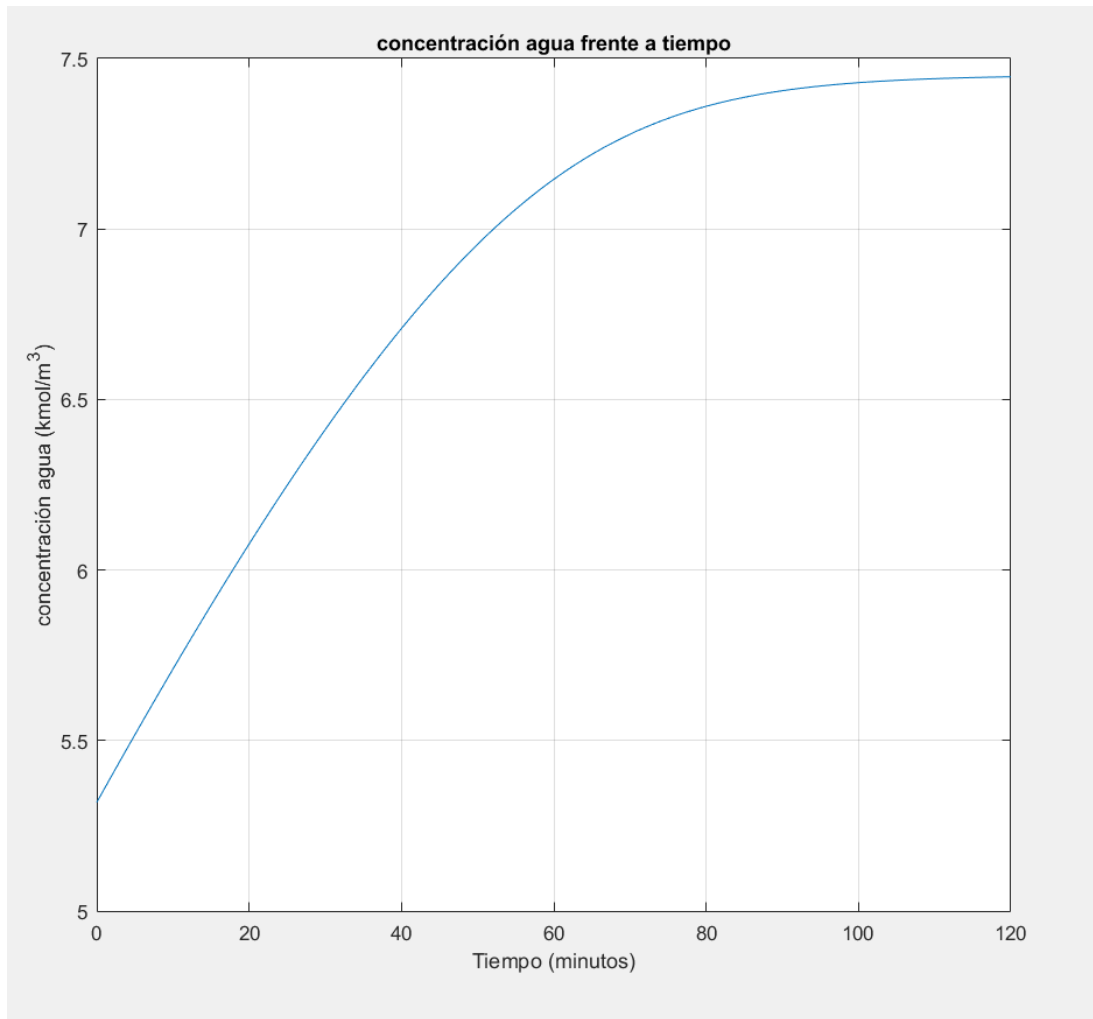


Figura 10 Concentración de agua frente al tiempo en el reactor R-501

### 3.5.2 Balance de energía

Para la realización del balance de energía se debe tener en cuenta que el reactor funciona de manera isotérmica a 80°C. Tras cargar el etanol y el para-nitrofenol, se lleva la mezcla hasta los 80°C, y una vez alcanzada dicha temperatura comienza la alimentación de hidrógeno de forma continua, lo que inicia la reacción exotérmica. Por tanto, es necesario un equipo para la aportación de calor al inicio y la retirada de calor durante la reacción, como un serpentín, que se suele emplear en este tipo de operaciones intermitentes en lugar de las operaciones en continuo.

Para el balance de energía durante la reacción se emplea la ecuación 12 para conocer el calor generado frente al tiempo, y a partir de la misma se puede conocer el calor acumulado a lo largo de las 2 horas.

$$\frac{dq}{dt} = \frac{C_{B0} \cdot V}{v_B} \cdot \Delta H \cdot \frac{dX}{dt} \quad [\text{Ecuación 12}]$$

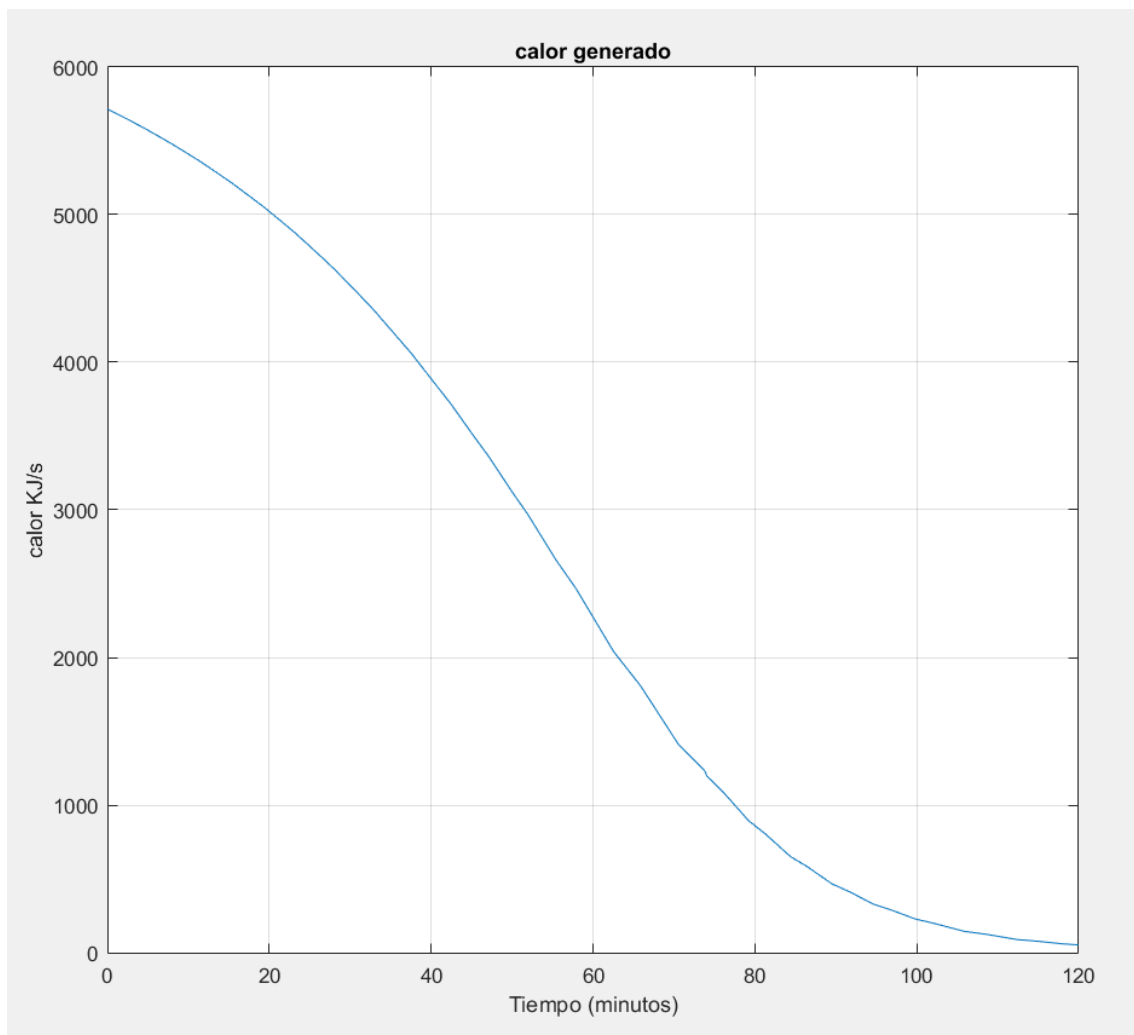


## Anexo II. Cálculos justificativos

Y si se realiza la integración de esta expresión, se obtiene el calor acumulado, mostrado en la ecuación 13.

$$q = \frac{C_{B0} \cdot V}{v_B} \cdot \Delta H \cdot \int_0^X dX \quad [\text{Ecuación 13}]$$

Tras realizar los cálculos con ayuda del código de Matlab elaborado, las Figuras 11 y 12 muestran tanto el calor generado durante la reacción, como el calor acumulado total.



*Figura 11 Calor generado en la reacción de hidrogenación frente al tiempo*

El calor liberado al inicio de la reacción es elevado (5715 kW), mientras que al disminuir la concentración de para-nitrofenol en el reactor la cantidad de calor liberada es mucho menor, hasta llegar a prácticamente 0 kW.

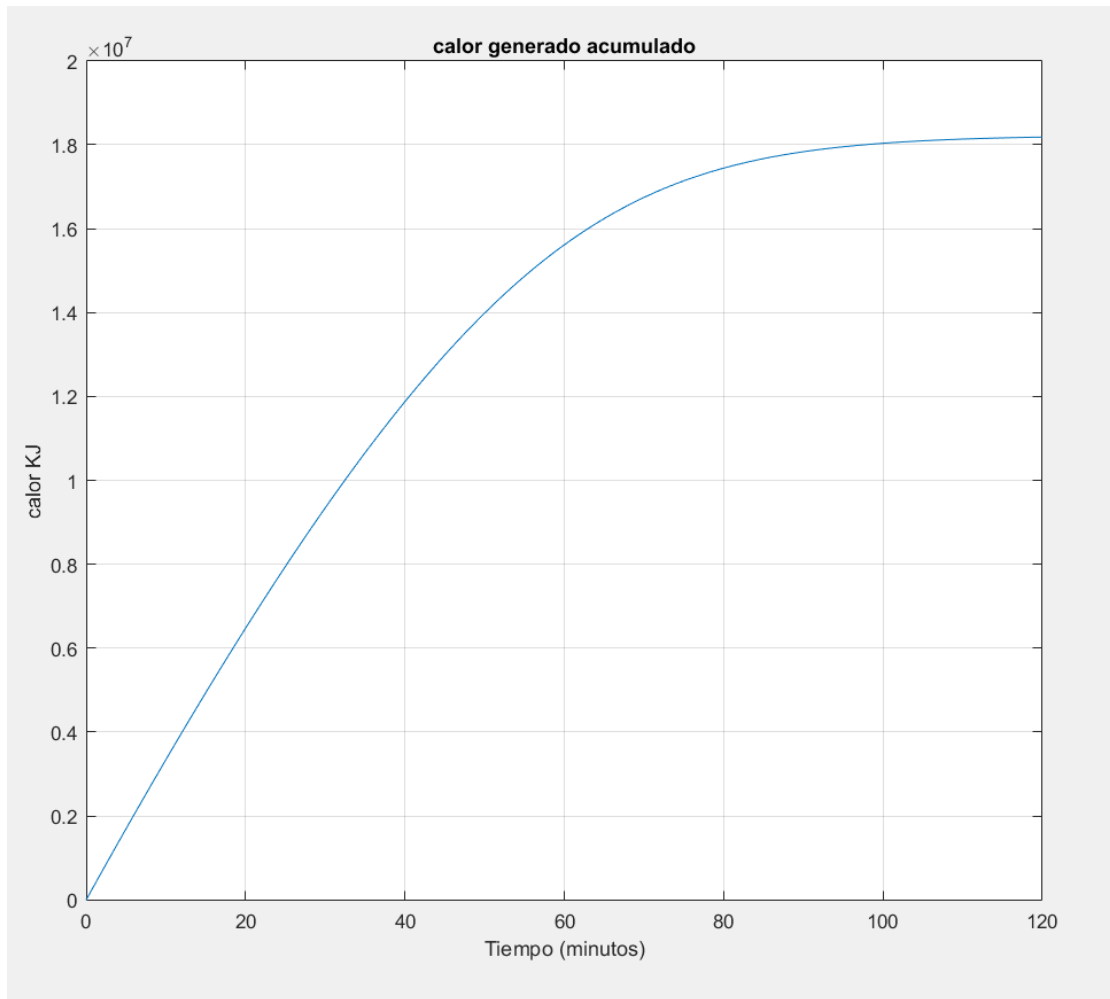


Figura 12 Calor generado acumulado frente al tiempo

Por otra parte, el calor acumulado aumenta con relación al tiempo, y se puede observar que al inicio de la reacción (durante la primera hora de reacción prácticamente) la pendiente de la curva es grande, puesto que se está liberando una cantidad de calor por unidad de tiempo mucho más elevada que al final de la reacción. El calor acumulado total tras las 2 horas de reacción es de  $1,818 \cdot 10^7$  kW.

Con los datos del balance de energía calculados, se puede conocer el caudal de refrigerante necesario, así como los requerimientos de diseño del serpentín.

El caudal de agua refrigerante se calcula empleando la ecuación 14.

$$\frac{dq}{dt} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [\text{Ecuación 14}]$$

Donde los términos que intervienen son:

- $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.
- $m$ : caudal de agua de refrigeración.

## Anexo II. Cálculos justificativos

- $C_p$ : Calor específico del agua =  $C_p \ 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$
- $\Delta T$ : Aumento de temperatura del agua de refrigeración

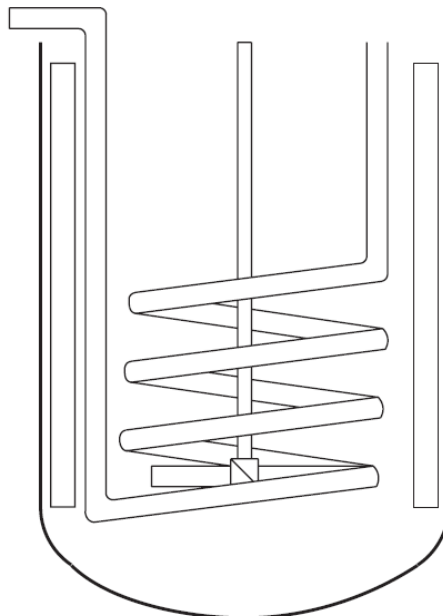
Y, por otra parte, se tiene la ecuación 15:

$$\frac{dq}{dt} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ML} \quad [Ecuación 15]$$

Donde:

- $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.
- $U$ : Coeficiente global de transmisión de calor =  $1700 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $A$ : Área de intercambio de calor
- $\Delta T_{ML}$ : Diferencia de temperatura media logarítmica del agua de refrigeración.

Para el empleo de ambas ecuaciones, el calor generado por la ecuación es conocido, así como el calor específico del agua, o el coeficiente global de transmisión de calor, obtenido a partir de datos experimentales consultando bibliografía (Perry, 1997), para el caso más aproximado a la hidrogenación de para-nitrofenol, donde el agua circula por el interior del serpentín y el fluido exterior es una disolución acuosa.



*Figura 13 Serpentín interno en un tanque agitado*

Por último, se fija la diferencia de temperatura del agua de refrigeración, que entra a 10 grados centígrados y se supondrá una temperatura de salida de 50 grados centígrados. Para el

## Anexo II. Cálculos justificativos

empleo de la diferencia de temperatura media logarítmica, se asumirá que se puede aproximar a flujo en contracorriente, puesto que para el intercambio de calor en el serpentín no existe una expresión concreta, y se recomienda emplear uno de los arreglos básicos. (Towler, y otros, 2008)

$$\Delta T_{ML} = \frac{(T - T_e) - (T - T_s)}{\ln\left(\frac{T - T_e}{T - T_s}\right)} \quad [\text{Ecuación 16}]$$

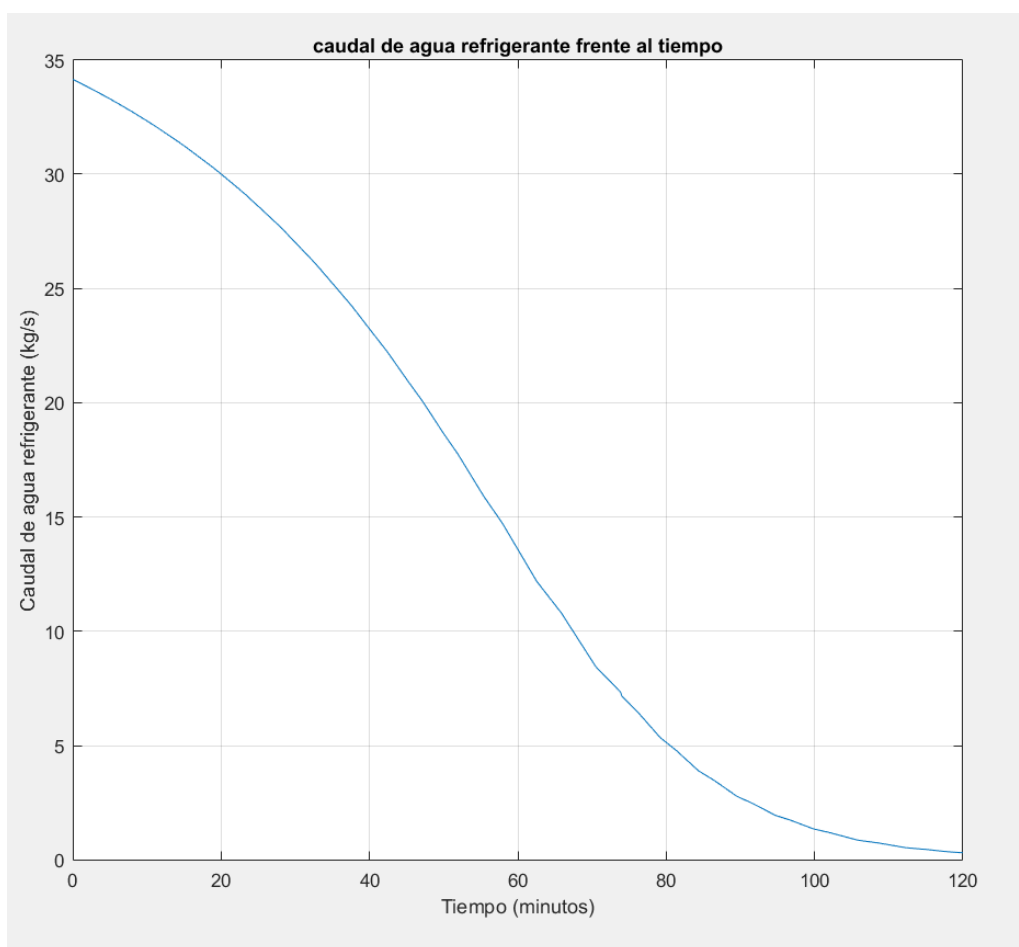
Donde:

- $T$ : temperatura de la mezcla en el tanque (constante) = 80°C
- $T_e$ : temperatura de la entrada de fluido refrigerante = 10°C
- $T_s$ : temperatura de la salida de fluido refrigerante = 50°C

Por lo tanto,

$$\Delta T_{ML} = \frac{(80 - 10) - (80 - 50)}{\ln\left(\frac{80 - 10}{80 - 50}\right)} = 26,40^\circ\text{C}$$

Tras realizar los cálculos necesarios empleando el código de Matlab adjunto, se obtiene el caudal de refrigerante y el área necesaria para el intercambio de calor.



*Figura 14 Caudal de agua refrigerante frente al tiempo*

Como se puede observar en la Figura 14, al comienzo de la reacción se necesita un mayor caudal de fluido refrigerante de forma lógica, puesto que se está liberando una cantidad de calor mucho mayor, como se obtiene del balance de energía. El caudal máximo es de 34,15 kg/s.

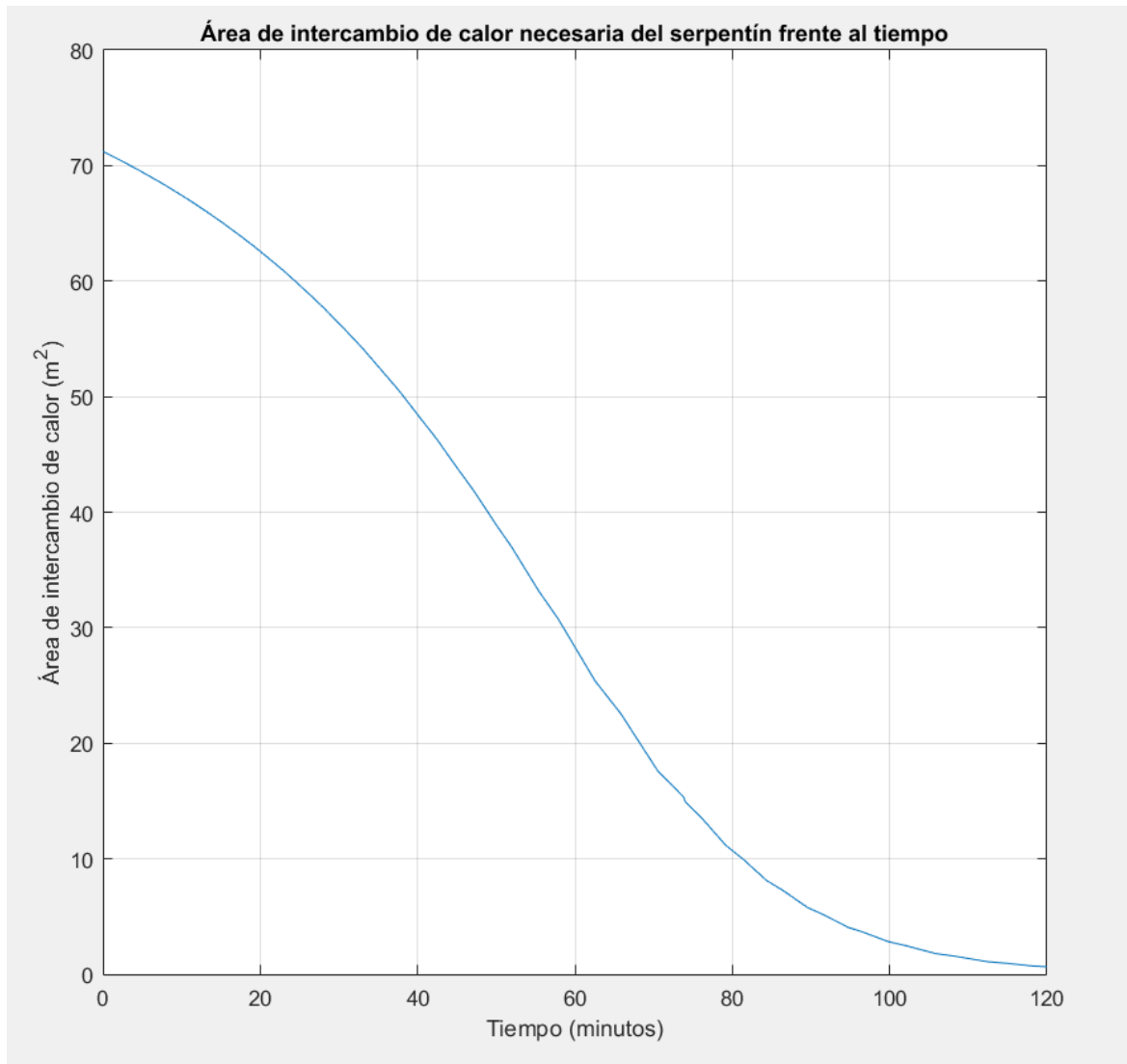


Figura 15 Área de intercambio de calor del serpentín frente al tiempo

En el caso del área de intercambio de calor, se necesita emplear el valor máximo para el diseño, con el fin de asegurar que se puede retirar todo el calor en el momento de mayor generación, que es en el comienzo de la reacción. Es por ello por lo que se empleará un área de intercambio de calor de 71,21m².

Para conocer la velocidad del refrigerante en el serpentín se debe conocer se emplea la Ecuación 17.

$$v = \frac{Q_{agua}}{A_{transversal}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad [Ecuación 17]$$

Donde:

- $v$ : velocidad del agua (m/s)
- $Q_{agua}$ : Caudal volumétrico de refrigerante  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$

–  $A_{transversal}$ : Área de paso del serpentín ( $m^2$ )

Para poder calcular el área de paso es necesario definir previamente el diámetro de la conducción, por lo que se acude a la bibliografía y se obtiene que el valor habitual en el diseño de un serpentín suele ser el diámetro del tanque entre 30, y se suele encontrar entre los 6 cm y los 12 cm. En este caso se escogerá el valor nominal más cercano al mayor de los dos, que se corresponde con 12,82 cm, y a mayores se supondrá un espesor de la conducción es de 6,55 mm basándose en una conducción de acero estándar de Schedule 40, de diámetro nominal 125 mm.

$$A_{transversal} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{serpentín}^2 = 0,0129 m^2 \quad [Ecuación 18]$$

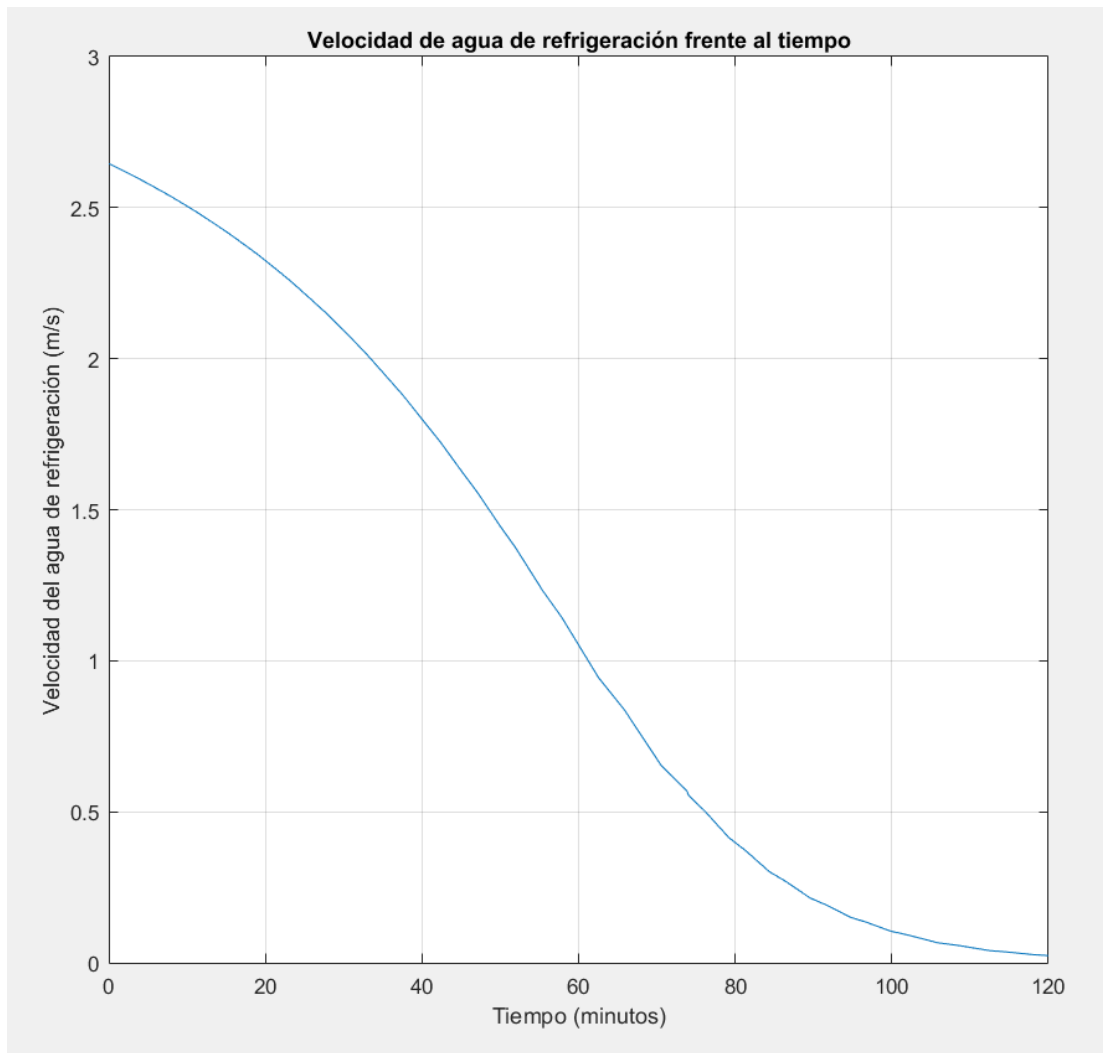


Figura 16 Velocidad del fluido refrigerante en el serpentín

La velocidad máxima del refrigerante, que se necesita al inicio de la reacción es de 2,64 m/s, y puesto que se trata de un fluido no viscoso circulando por una conducción, se aceptará

como una velocidad aceptable, puesto que además el caudal de agua refrigerante desciende en gran medida con el paso del tiempo.

Para el diseño del serpentín se debe conocer la longitud de este, mediante la Ecuación 19.

$$L = \frac{A_{intercambio}}{\pi \cdot (d_e)} = \frac{71,21 \text{ m}^2}{\pi \cdot (0,1282 + 2 \cdot 0,00655)m} = 160 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 19}]$$

Y para conocer el radio de la hélice del serpentín es necesario conocer el diámetro del reactor. Siguiendo los métodos de dimensionamiento más habituales para reactores discontinuos de tanque agitado de forma cilíndrica, se conoce que la altura de líquido en el reactor es igual al diámetro del reactor. En este caso se conoce el volumen de líquido en el reactor, que son  $30 \text{ m}^3$ , por lo que ambos tanto la altura de líquido en el tanque como el diámetro del recipiente se pueden obtener a partir de las relaciones mostradas en las Ecuaciones 20 y 21.

$$H_{liquido} = D_{reactor} \quad [\text{Ecuación 20}]$$

$$V_{liquido} = \pi \cdot H_{liquido} \cdot \frac{D_{reactor}^2}{4} \quad [\text{Ecuación 21}]$$

Combinando ambas ecuaciones y realizando una aproximación, se obtiene:

$$H_{liquido} = D_{reactor} = 3,5 \text{ m}$$

Y se puede comprobar que el diámetro escogido para el serpentín es correcto, puesto que  $\frac{D_{reactor}}{30} = 0,11 \text{ m}$ , cuya conducción de diámetro nominal más próxima es la escogida anteriormente.

Conocido el diámetro del tanque, se puede conocer el diámetro de la hélice del serpentín.

$$D_{hélice} = 0,9 \cdot D_{reactor} = 3,15 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 22}]$$

Por lo que el número de vueltas necesarias es:

$$vueltas = \frac{L}{\pi \cdot D_{hélice}} = 16 \text{ vueltas} \quad [\text{Ecuación 23}]$$

Y se sabe que el espaciado entre cada vuelta suelen ser el diámetro del serpentín, por lo que la altura total del serpentín es de 3,7 metros.

El volumen que ocupa el serpentín en el reactor es:

$$V_{serpentín} = L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 = 160 \text{ m} \cdot \frac{\pi}{4} (0,1282 + 2 \cdot 0,00655)^2 \text{ m}^2 = 2,5 \text{ m}^3 \quad [\text{Ecuación 24}]$$



## Anexo II. Cálculos justificativos

Por lo tanto, ahora se puede conocer que la altura final del tanque con el volumen total, manteniendo el mismo diámetro obtenido en el cálculo previo, de 3,5 metros.

$$H_{reactor} = \frac{V_{reactor}}{\pi \cdot \frac{D_{reactor}^2}{4}} = \frac{32,5 \text{ m}^3}{\pi \cdot \frac{(3,3 \text{ m})^2}{4}} = 3,8 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 25}]$$

Por último, se sabe que el serpentín, al ser de gran tamaño, debe ir soportado en el interior del reactor. El serpentín ocupa un 90% del diámetro del reactor, por lo que el 10% restante es ocupado por 4 deflectores, que favorecen la mezcla de los compuestos por la agitación y ejercen de sujeción para el equipo de intercambio de calor. La longitud ocupada por los deflectores en el interior del tanque será de 35 centímetros de los 3,5 metros de ancho disponibles.

### 3.5.3 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico, se empleará el código ASME para un recipiente a presión. En este caso se trata de un recipiente cilíndrico de 1:1, con dos cabezales, uno superior y otro inferior.

Para el diseño del cuerpo del reactor se debe tener en cuenta la presión de diseño (4 MPa o aproximadamente 40 atm), así como la temperatura de diseño (80°C). El margen de diseño para la presión es normalmente el 10% de la presión de operación máxima, y la temperatura máxima de diseño es la temperatura de operación más alta esperada más 50°F.

Bajo el código ASME, el espesor mínimo de la pared es de 1,5 mm sin incluir la corrosión permisible e independientemente del material de construcción. Para el cálculo del espesor del cuerpo se debe tener en cuenta tanto la tensión radial y el esfuerzo longitudinal, y escoger el mayor valor obtenido del espesor.

$$\text{Tensión radial:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [\text{Ecuación 26}]$$

$$\text{Esfuerzo longitudinal:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Donde:

- $t$ : espesor mínimo requerido.
- $P_i$ : Presión interna = (40·1,1) atm = 44 atm.
- $D_i$ : Diámetro interno = 3,5 m
- $S$ : máximo esfuerzo permitido.
- $E$ : eficacia de la unión soldada.

Los valores del esfuerzo máximo permitido aparecen tabulados para diferentes materiales en función de la temperatura. Para ello es necesario realizar una selección del material para el

recipiente. Se utilizarán como herramienta los mapas de propiedades (o método Ashby). Como se trata de un recipiente a presión se acude a los índices de material, que aparecen indicados en la Figura 17.

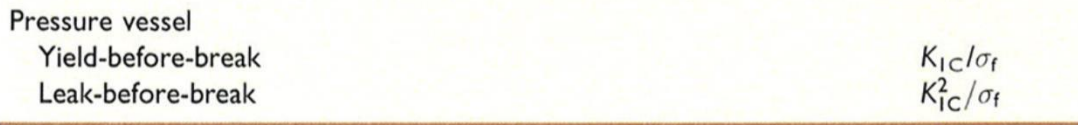


Figura 17 Índices de material para el diseño como tolerancia al daño

Para el diseño de un recipiente a presión pequeño se suele emplear el criterio de yield-before-break (o pandeo antes de romper), pero en el caso de recipientes a presión grandes como el que atinge a este trabajo, se emplea el criterio de leak-before-break (vertido antes de romper). Por tanto, el índice correspondiente es  $\frac{K_{IC}^2}{\sigma_f}$ , que se debe maximizar.

Se acude a un diagrama de Ashby, y se toma como referencia la recta de pendiente establecida, trazando una paralela como se muestra en la Figura 18.

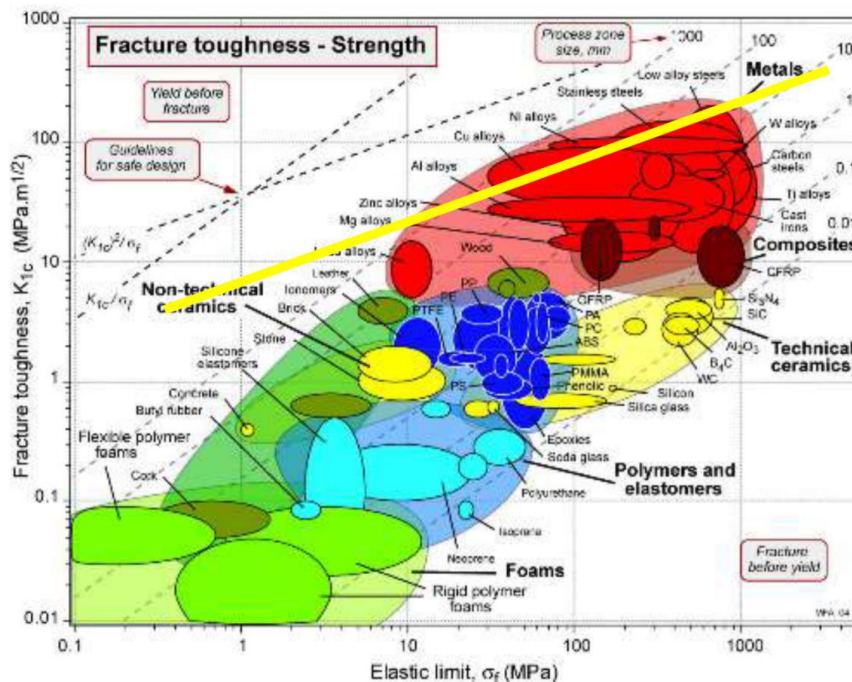


Figura 18 Diagrama de Ashby para la resistencia a la fractura frente al límite elástico

Como el criterio es el de maximizar el índice de material, los materiales que cumplen ese criterio son las aleaciones de cobre, de níquel, los aceros inoxidables y los aceros de baja aleación. En este caso en concreto se va a seleccionar el acero inoxidable AISI 304 como material de construcción, por lo que el valor del máximo esfuerzo permitido para la temperatura de operación se obtiene de la tabla mostrada en la Figura 19.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Material	Grade	Min Tensile strength (ksi)	Min Yield strength (ksi)	Maximum temperature (°F)	Maximum allowable stress at temperature °F (ksi = 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Carbon steel	A285 Gr A	45	24	900	12.9	12.9	12.9	11.5	5.9
Killed carbon Steel	A515 Gr 60	60	32	1000	17.1	17.1	17.1	14.3	5.9
Low alloy steel 1 ¼ Cr, ½ Mo, Si	A387 Gr 22	60	30	1200	17.1	16.6	16.6	16.6	13.6
Stainless steel 13 Cr	410	65	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel 18 Cr, 8 Ni	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
Stainless steel 18 Cr, 10 Ni, Cb	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
Stainless steel 18 Cr, 10 Ni, Ti	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
Stainless steel 16 Cr, 12 Ni, 2 Mo	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5

*Figura 19 Esfuerzos máximos permisibles en función del material de construcción*

Para la temperatura máxima de diseño, que es la temperatura máxima de operación (176 °F) aumentada en 50°F, el valor de S es de 16,85 ksi (1147 atm).

En el caso del factor de soldadura se supondrá que se realiza una soldadura a tope, o equivalente, con un grado de examinación por radiografía lo más alto posible, puesto que se trabaja a grandes presiones y se desea asegurar la integridad del cuerpo del reactor. El factor de soldadura, por tanto, se obtiene de la tabla mostrada en la Figura 20

Joint Description	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
		Full	Spot	None
Double-welded butt joint or equivalent	A, B, C, D	1.0	0.85	0.70
Single-welded butt joint with backing strip	A, B, C, D	0.9	0.8	0.65
Single-welded butt joint without backing strip	A, B, C	NA	NA	0.60
Double full fillet lap joint	A, B, C	NA	NA	0.55
Single full fillet lap joint with plug welds	B, C	NA	NA	0.50
Single full fillet lap joint without plug welds	A, B	NA	NA	0.45

*Figura 20 categorías de soldaduras*

El valor de E, por tanto, es de la unidad.

$$\text{Tensión radial: } t = \frac{44 \text{ atm} \cdot 3,5 \text{ m}}{2 \cdot 1147 \text{ atm} - 1,2 \cdot 44 \text{ atm}} = 0,0687 \text{ m}$$

$$\text{Esfuerzo longitudinal: } t = \frac{44 \text{ atm} \cdot 3,5 \text{ m}}{4 \cdot 1147 \text{ atm} - 0,8 \cdot 44 \text{ atm}} = 0,0338 \text{ m}$$

Se debe escoger el mayor de los dos valores, por lo que el espesor de la pared del tanque debe ser de 6,87 cm, y si se tiene en cuenta el sobreespesor por corrosión, se deben añadir 2 mm a mayores, por lo que el espesor final es de 7,07 cm.

A continuación, se diseñarán los cabezales, y se ha escogido que tanto el superior como el inferior sean cabezales hemisféricos, puesto que son los que presentan un mejor comportamiento al trabajo con presiones elevadas, aunque son más caros de fabricar y se unir a la carcasa. Como ventaja presentan que el espesor suele ser mucho menor que la carcasa.

Para conocer el espesor del cabezal hemisférico se emplea la Ecuación 28.

$$t = \frac{P_i \cdot D_i}{4SE - 0,4P_i} \quad [\text{Ecuación 28}]$$

$$t = \frac{44 \text{ atm} \cdot 3,5 \text{ m}}{4 \cdot 1147 \text{ atm} - 0,4 \cdot 44 \text{ atm}} = 0,0337 \text{ m}$$

En este caso el espesor del cabezal es de 3,37 cm, y si se añade el sobreespesor teniendo en cuenta la corrosión, se quedaría en 3,57 cm, lo que representa casi la mitad del espesor necesario para la carcasa.

#### 3.5.4 Peso del reactor

El peso del reactor se puede desglosar entre el peso del cuerpo y de los dos cabezales.

Por una parte, el peso del cuerpo cilíndrico del reactor se calcula empleando la Ecuación 29.

$$\text{Peso}_{\text{cuerpo}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{externo}}^2 - D_{\text{interno}}^2) \cdot H_{\text{cuerpo}} \cdot \rho_{\text{acero}} \quad [\text{Ecuación 29}]$$

Donde:

–  $\rho_{\text{acero}}$ : densidad del acero AISI 304 = 7900 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Peso}_{\text{cuerpo}} = \frac{\pi}{4} \cdot ((3,5 + 2 \cdot 0,0707)^2 - 3,5^2) \text{ m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 23808 \text{ kg}$$

A este resultado se le debe sumar el peso de los dos cabezales para obtener una aproximación del peso total del recipiente una vez ensamblado.

$$Peso_{cabezal} = \frac{\pi}{12} \cdot (D_{externo}^3 - D_{interno}^3) \cdot \rho_{acero} \quad [Ecuación 30]$$

$$Peso_{cabezal} = \frac{\pi}{12} \cdot ((3,5 + 2 \cdot 0,0357)^3 - 3,5^3) m^3 \cdot 7900 \frac{kg}{m^3} = 5538,4 kg$$

Al disponer de dos cabezales, el peso de ambos será el doble, es decir, 11076,8 kg.

### 3.5.5 Agitación

Para conseguir una mezcla rápida de las tres fases se suele preferir trabajar en un régimen turbulento (sólo se trabaja en régimen laminar cuando la alta viscosidad del fluido hace impracticable la agitación en régimen turbulento). Para un rodete y una configuración de tanque determinados, el módulo de Reynolds que determina el tipo de flujo se muestra en la Ecuación 31, y se suele considerar flujo completamente turbulento cuando este módulo adimensional es mayor de  $10^4$ .

$$Re = \frac{\rho_L N D^2}{\mu_L} \quad [Ecuación 31]$$

Siendo:

- Re: módulo de Reynolds.
- $\rho_L$ : densidad del líquido =  $754 kg/m^3$
- $\mu_L$ : viscosidad del líquido =  $4,59 \cdot 10^{-4} kg/(m \cdot s)$
- $N$ : velocidad rotacional = 100 rpm = 1,66
- $D$ : diámetro del rodete =  $T/3 = 3,5/3 m = 1,17 m$

$$Re = \frac{754 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,66 \cdot (1,17 m)^2}{4,59 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s}} = 3,76 \cdot 10^6$$

Como ya se ha comentado anteriormente, se pueden emplear diferentes configuraciones de rodetes en los tanques agitados, y se suelen incluir cuatro deflectores para evitar la formación de vórtices, y favorecer una mezcla desde cabezas hasta fondos del reactor. En la Figura 21 se muestra la relación, para diferentes agitadores, entre el módulo de Reynolds y el número de potencia adimensional, mostrado en la Ecuación 32. (Perry, 1997)

$$N_P = \frac{P}{\rho_L N^3 D^5} \quad [Ecuación 32]$$

Donde:

## Anexo II. Cálculos justificativos

- $N_p$ : número de potencia
- $\rho_L$ : densidad del líquido = 754 kg/m<sup>3</sup>
- $N$ : velocidad rotacional = 100 rpm = 1,66 rps
- $D$ : diámetro del rodete = 1,17 m
- $P$ : potencia.

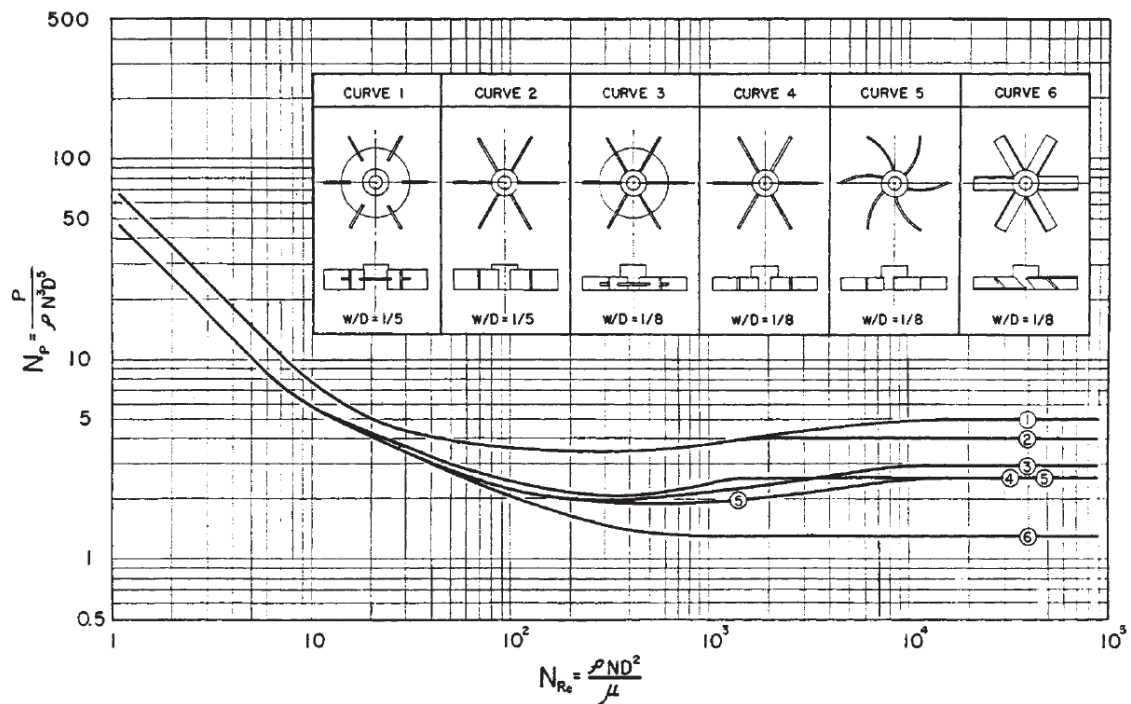


Figura 21 Número de potencia adimensional en tanques agitados.

De la figura se obtiene, para un rodete tipo 6,  $N_p=1,2$ , por lo que la potencia necesaria es:

$$P = N_p \rho_L N^3 D^5 = 1,2 \cdot 754 \cdot 1,66^3 \cdot 1,17^6 = 10616 \text{ W} = 10,6 \text{ kW}$$

Por último, falta comprobar que la velocidad de agitación empleada es mayor que la necesaria para conseguir una mezcla perfecta entre las tres fases presentes en la reacción. Para conocer la velocidad de agitación mínima necesaria ( $N$ ) para conseguir la suspensión de las partículas sólidas en el reactor, cuando se trabaja con tres fases, se emplea la ecuación 33. Es necesario que el reactivo en fase gas venza la resistencia ofrecida por la película sólido-líquido para que la reacción se lleve a cabo en la superficie de las partículas de catalizador.

$$N_{SG} = N_S + \Delta N_{SG} \quad [\text{Ecuación 33}]$$

Donde:

- $N_{SG}$ : Velocidad crítica para la suspensión de las partículas sólidas en un sistema trifásico. (rev/s)
- $N_S$ : Velocidad crítica para la suspensión de las partículas sólidas en un sistema sólido-líquido. (rev/s)
- $\Delta N_{SG}$ : diferencia entre la velocidad crítica en un sistema trifásico y uno bifásico. (rev/s)

Para el cálculo de estos parámetros se debe conocer el tipo de agitador a emplear, por lo que se seleccionará el de palas inclinadas (flujo mixto), puesto que en la bibliografía consultada se presenta como el óptimo para el trabajo con sistemas multifásicos. Por tanto, la velocidad para la suspensión de partículas en un sistema sólido-líquido se muestra en la ecuación 34.

$$N_S = \left( 2,28 \left( \frac{T}{D} \right)^{0,83} \exp(0,65 \frac{C}{T}) \right) \cdot \left[ \frac{v^{0,1} d_p^{0,2} \left( \frac{g \Delta \rho}{\rho_L} \right)^{0,45} X^{0,13}}{D^{0,85}} \right] \quad [Ecuación 34]$$

Donde:

- T: Diámetro del reactor agitado (m) = 3,5
- D: Diámetro de rodete (m) = T/4
- C: Distancia del rodete al fondo del recipiente (m) = 1
- $\nu$ : viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s) = 6,34 · 10<sup>-7</sup>
- $d_p$ : diámetro de la partícula sólida (m) = 5 · 10<sup>-8</sup>
- $g$ : constante gravitacional (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $\Delta \rho$ : diferencia de densidades entre la fase sólida y la líquida (kg/m<sup>3</sup>) = 2260-754
- $\rho_L$ : densidad de la fase líquida (kg/m<sup>3</sup>) = 754
- X: carga de sólidos (% en peso) = 0,08

$$N_S = \left( 2,28 \left( \frac{T}{D} \right)^{0,83} \exp(0,65 \frac{C}{T}) \right) \cdot \left[ \frac{v^{0,1} d_p^{0,2} \left( \frac{g \Delta \rho}{\rho_L} \right)^{0,45} 0,08^{0,13}}{D^{0,85}} \right] = 0,222 \frac{rev}{s} \approx 14 \frac{rev}{min}$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para conocer cómo afecta el cambio a sistema multifásico, la ecuación empleada es la ecuación 35.

$$\Delta N_{SG} = N_S(0,83 + 0,31 \cdot vvm) \quad [Ecuación 35]$$

Donde:

- vvm: flujo de gas en términos del volumen del recipiente por minuto.  
(m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>/min)) = 4,04 · 10<sup>-2</sup>

$$\Delta N_{SG} = 14 \cdot (0,83 + 0,31 \cdot 4,04 \cdot 10^{-2}) = 12 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, la agitación mínima necesaria para conseguir la suspensión de las partículas sólidas en el sistema trifásico se obtiene empleando la Ecuación 33.

$$N_{SG} = N_S + \Delta N_{SG} = 14 \text{ rpm} + 12 \text{ rpm} = 26 \text{ rpm}$$

### 3.6 Dispositivo de alivio: válvula.

Para el dimensionamiento de la válvula de resorte del reactor R-501, donde se lleva a cabo la reacción de hidrogenación del para-nitrofenol, se supondrá que se tratará de un alivio de gases, puesto que el hidrógeno es un compuesto que se alimenta de forma continua al reactor y en cantidades en exceso. Aunque en la zona superior existe una válvula que retira el gas en exceso para mantener la presión en el interior dentro de unos rangos aceptables y se dispone de un control de temperatura para evitar la evaporación del etanol empleado como disolvente, se debe diseñar una válvula de seguridad en caso de que falle la regulación de presión o temperatura del reactor.

Como flujo requerido para el alivio se considerará el flujo de entrada de hidrógeno, y para el dimensionamiento del orificio se seguirá la norma API relativa al dimensionamiento, selección en instalación de dispositivos de alivio. (American Petroleum Institute, 2000)

Para el dimensionamiento de la válvula se debe establecer la presión de tarado, que es aquella que determina la apertura del dispositivo de alivio, y se considera igual que la presión de diseño, que es mayor que la presión de operación. Utilizando el criterio empleado anteriormente en el diseño mecánico del equipo, la presión de tarado será de 44 atm.

Se debe comprobar en primer lugar si hay posibilidad de que sea alcanzado el flujo crítico, donde el flujo a través de la válvula es máximo independientemente de la diferencia de presiones, y para ello se emplea la ecuación 36.

$$\frac{P_{choked}}{P_o} = \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad [Ecuación 36]$$



## Anexo II. Cálculos justificativos

Donde  $P_{choked}$  es la presión crítica,  $P_o$  es la presión de proceso y  $\gamma$  es la relación entre capacidades caloríficas a presión y a volumen constante, que suponiendo el comportamiento del hidrógeno o de la mezcla de gases generada como gas ideal, esta constante se aproxima a 1,4. El resultado se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 Parámetros para el diseño de la válvula de alivio

Parámetro	Valor
$P_o$	4 MPa
$\gamma$	1,41
$P_{choked}$	2,3 MPa

Puesto que la presión en la línea de descarga de la válvula será menor que 2,3 MPa (23 atm aproximadamente) se considera que el flujo a través de la válvula será crítico.

A continuación, se puede diseñar el área de alivio necesaria mediante la ecuación 37 siguiendo la norma API:

$$A = 13160 \cdot \frac{W_{alivio}}{C \cdot k_d \cdot P_{1a} \cdot k_b \cdot k_c} \sqrt{\frac{Z \cdot T}{M}} \quad [Ecuación 37]$$

Donde:

- A: área requerida para la descarga del equipo (mm<sup>2</sup>)
- $W_{alivio}$ : caudal de descarga en kg/h
- C: coeficiente determinado a partir de la relación de calores específicos, k, o de la Figura 22.

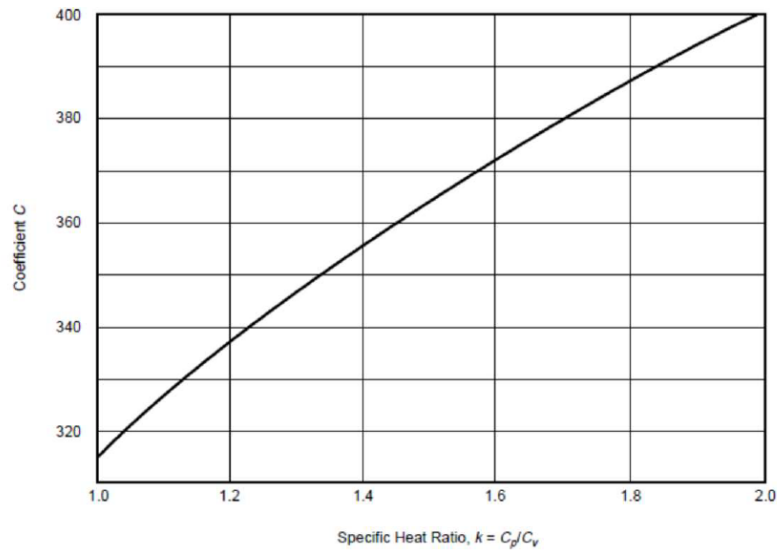


Figura 22 Relación del coeficiente C con la relación de calores específicos del gas

- $k_d$ : coeficiente efectivo de descarga. Puesto que se instala la válvula con o sin disco de ruptura se toma el valor de 0,975.
- $P_{1a}$ : presión absoluta de alivio de la válvula en kPa
- $k_b$ : factor de corrección de capacidad debido a la presión existente en el conducto de salida de la válvula. Se suele tomar el valor de 1 para válvulas convencionales.
- $k_c$ : factor de corrección para la instalación de disco de ruptura. Se toma el valor de 1 considerando que no se dispone de dicho disco.
- $T$ : temperatura en el interior del reactor.
- $Z$ : factor de compresibilidad en condiciones de alivio.
- $M$ : peso molecular del gas aliviado, en kg/kmol.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Tabla 6 Parámetros de diseño de la válvula de alivio

Parámetro	Valor
$W_{\text{alivio}}$ (kg/h)	193
C	356
$P_{1a}$ (kPa)	4.400
T (K)	353,15
Z	1
M (kg/kmol)	2
$A_{\text{alivio}}$ (mm <sup>2</sup> )	22

Conocido el valor de área, en este caso pequeño puesto que el peso molecular del hidrógeno es muy bajo (por tanto, el flujo de alivio también) y que la presión en el interior del recipiente es elevada, se selecciona la válvula comercial más cercana y superior al valor obtenido. Se necesitará un orificio tipo D, para el cual su diámetro es de 71 mm<sup>2</sup>.

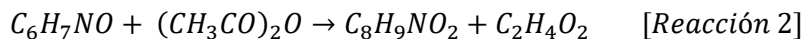
## 4 REACTOR R-701

Se parte de una mezcla de p-aminofenol con agua en unas proporciones de 1 parte de agua por cada 2 de p-aminofenol y posteriormente se añade anhídrido acético, en un exceso molar de un 20%. La reacción se lleva a cabo de manera rápida, comenzando prácticamente de manera instantánea tras la mezcla de para-aminofenol con agua y anhídrido acético (en condiciones estequiométricas o algo mayores), y termina en un período de 75 minutos. El volumen de este reactor se calcula a partir de las densidades con el código desarrollado con Matlab®, mostrado en el Anexo IV, y es de aproximadamente 8,5 m<sup>3</sup>.

### 4.1 Diseño del reactor

#### 4.1.1 Balance de materia

En este caso no se conoce la cinética, pero se puede aproximar por una reacción de orden 2, para la cual se sabe el grado de conversión con respecto al para-aminofenol, así como el tiempo de reacción.



- X: grado de conversión del para-nitrofenol = 0,99
- t: Tiempo de reacción = 75 minutos = 4500 s
- $C_{A0}$ : Concentración inicial de p-aminofenol =  $\frac{31,97 \text{ kmol}}{V_0} = 3,77 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$
- $C_{B0}$ : Concentración inicial de anhídrido acético =  $\frac{38,37 \text{ kmol}}{V_0} = 4,54 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$

El balance de materia se realiza empleando la ecuación de diseño de un reactor discontinuo de tanque agitado, en función de la conversión de para-aminofenol, tal y como se muestra en la Ecuación 38.

$$-\frac{dX_A}{dt} = \frac{-r_A V}{N_{A0}} \quad [Ecuación 38]$$

Y si se supone que la cinética es de orden 2, la velocidad de reacción queda como:

$$r = k \cdot C_A \cdot C_B = k \cdot (C_{A0} - C_{A0} \cdot X) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X) \quad [Ecuación 39]$$

Realizando la integración, combinando ambas expresiones:

$$t = C_{A0} \cdot \int_0^X \frac{dX}{k \cdot (C_{A0} - C_{A0} \cdot X) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X)} \quad [Ecuación 40]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Conociendo todos los datos, falta por determinar el valor de la constante cinética de la reacción.

$$3600 = 3,55 \cdot \int_0^{0,99} \frac{dX}{k \cdot (3,77 - 3,77 \cdot X) \cdot (4,54 - 3,77 \cdot X)}$$

Despejando el valor de k se obtiene:

$$k = 0,0011 \frac{m^3}{kmol \cdot s}$$

Una vez definidos todos los parámetros de la reacción, se elabora un código en Matlab para conocer la evolución de la concentración de los reactivos y productos en el tiempo. En la Figura 23 se muestra la variación de concentración de cada compuesto a lo largo del tiempo de reacción en el reactor R-701.

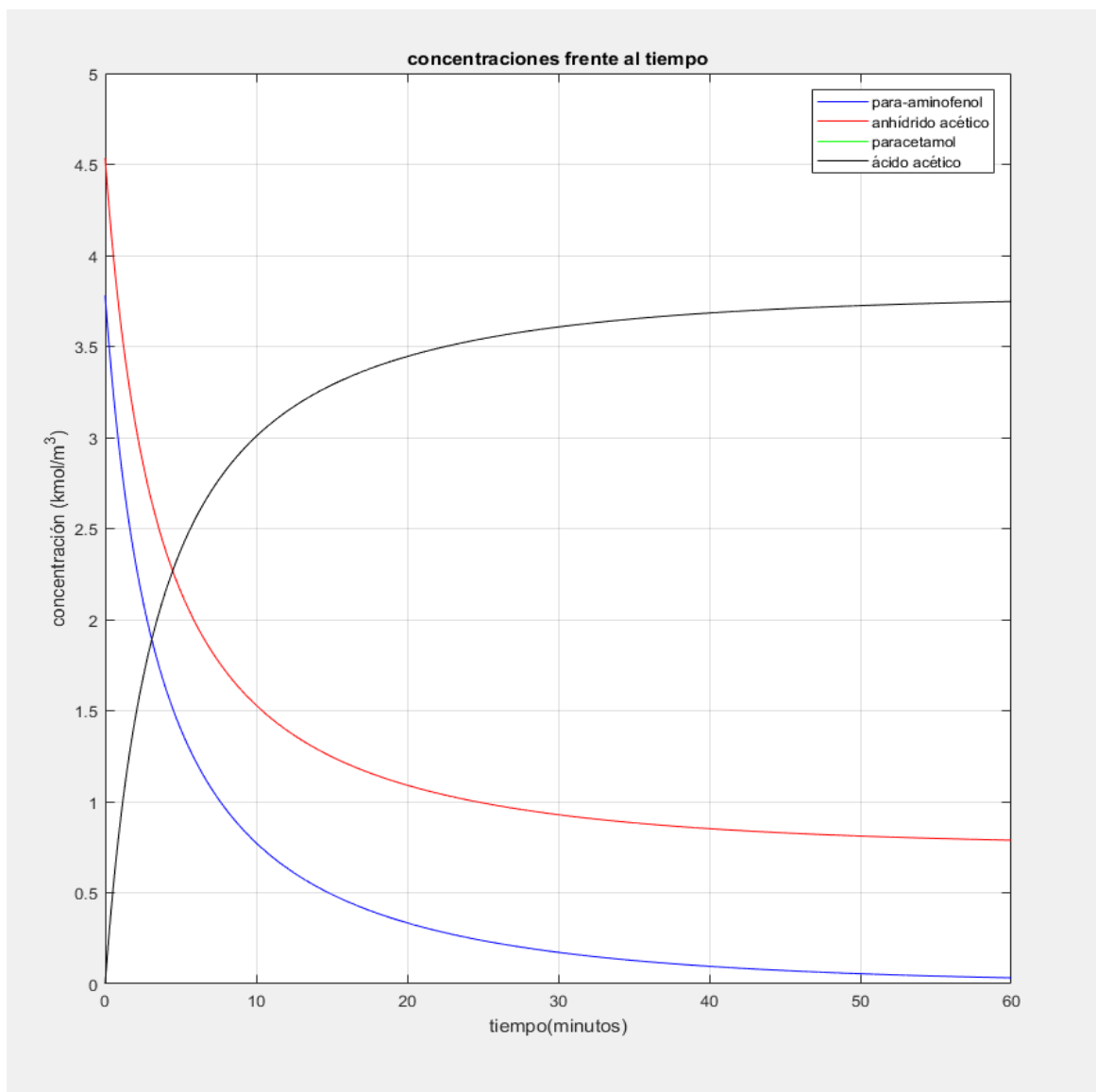


Figura 23 Evolución de la concentración de los compuestos frente al tiempo en el reactor R-701

Se observa que el anhídrido acético (en exceso) y el para-aminofenol disminuyen su concentración en el reactor a medida que el ácido acético y el paracetamol se generan en la misma concentración, al tratarse de una reacción con estequiometría 1:1.

Donde el grado de conversión del para-aminofenol con respecto al tiempo se muestra en la Figura 24.

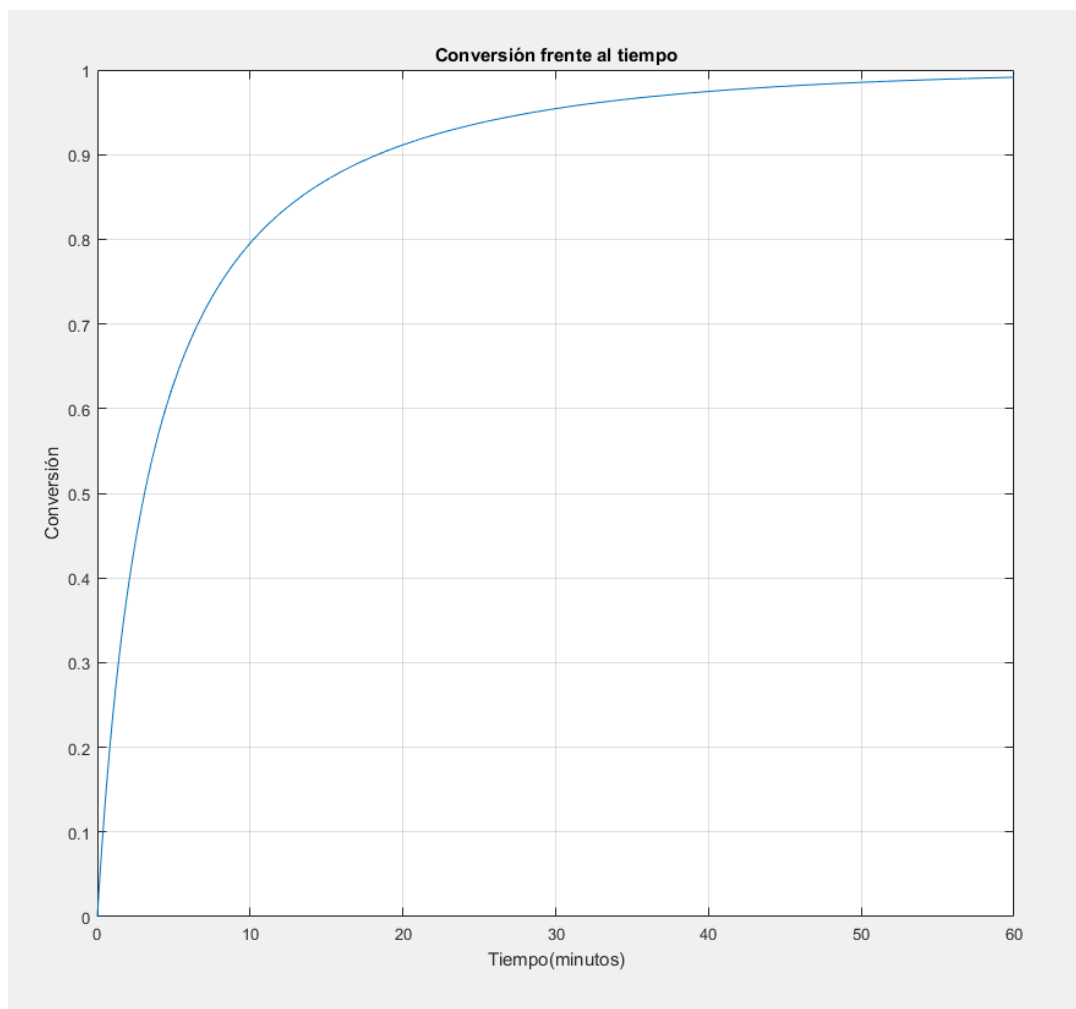


Figura 24 Evolución de la conversión frente al tiempo en el reactor R-701

#### 4.1.2 Balance de energía

Para el cálculo de la entalpía de reacción se emplea la ecuación 7, siendo  $\Delta H_R^0$  la entalpía de reacción en condiciones normales,  $\Delta H_f^0$  las entalpías de formación de los diferentes compuestos que participan en la reacción y  $v_i$  los coeficientes estequiométricos de reactivos (con signo negativo) y productos (con signo positivo)

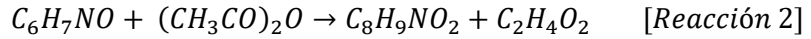
$$\Delta H_R^0 = \sum_i v_i \Delta H_f^0 \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Tabla 7 Entalpías de formación de los compuestos en el reactor R-701

Compuesto	$\Delta h_f^\circ$ (kJ/mol)	Estado
Para-aminofenol	-194	sólido
Anhídrido Acético	-625	gas

Paracetamol	-369	gas
Ácido Acético	-484	líquido

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, mostrada en la Reacción 2 la entalpía de reacción puede ser calculada.



- $v_{p-aminofenol} = -1$
- $v_{anhídrido\ acético} = -1$
- $v_{paracetamol} = 1$
- $v_{ácido\ acético} = 1$

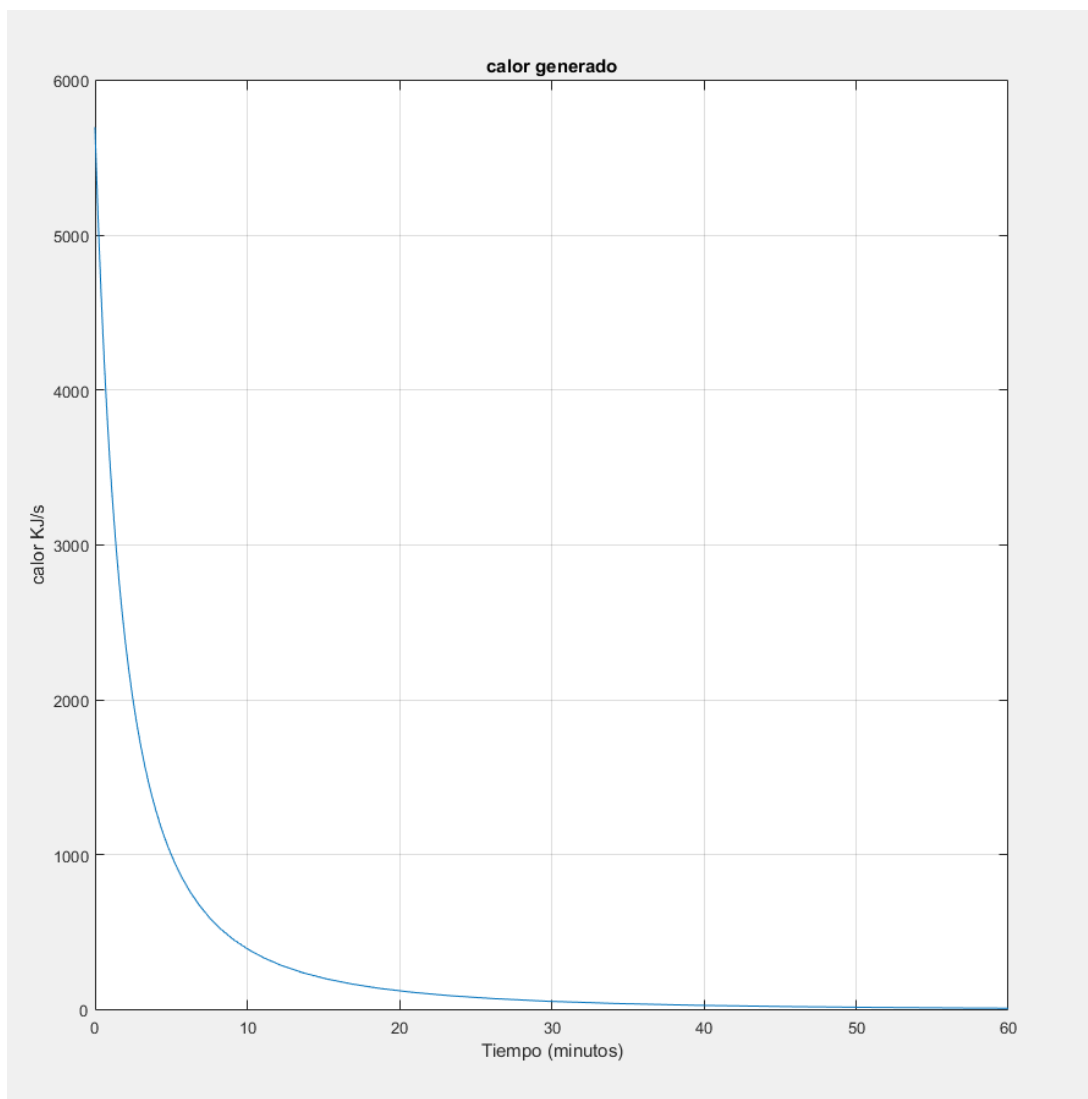
$$\Delta H_R^0 = v_{p-aminofenol} \cdot \Delta H_{fp-aminofenol}^0 + v_{anhídrido\ acético} \cdot \Delta H_{fanhídrido\ acético}^0 + v_{paracetamol} \cdot \Delta H_{fparacetamol}^0 + v_{ácido\ acético} \cdot \Delta H_{fácido\ acético}^0$$

$$\Delta H_R^0 = (1) \cdot (-369) + (1) \cdot (-484) + (-1) \cdot (-625) + (-1) \cdot (-194) = -34 \text{ kJ}$$

Por tanto, se trata de una reacción ligeramente exotérmica, por lo que para llevarla a cabo de forma isotérmica se necesitará un equipo para la retirada de calor, como un serpentín.

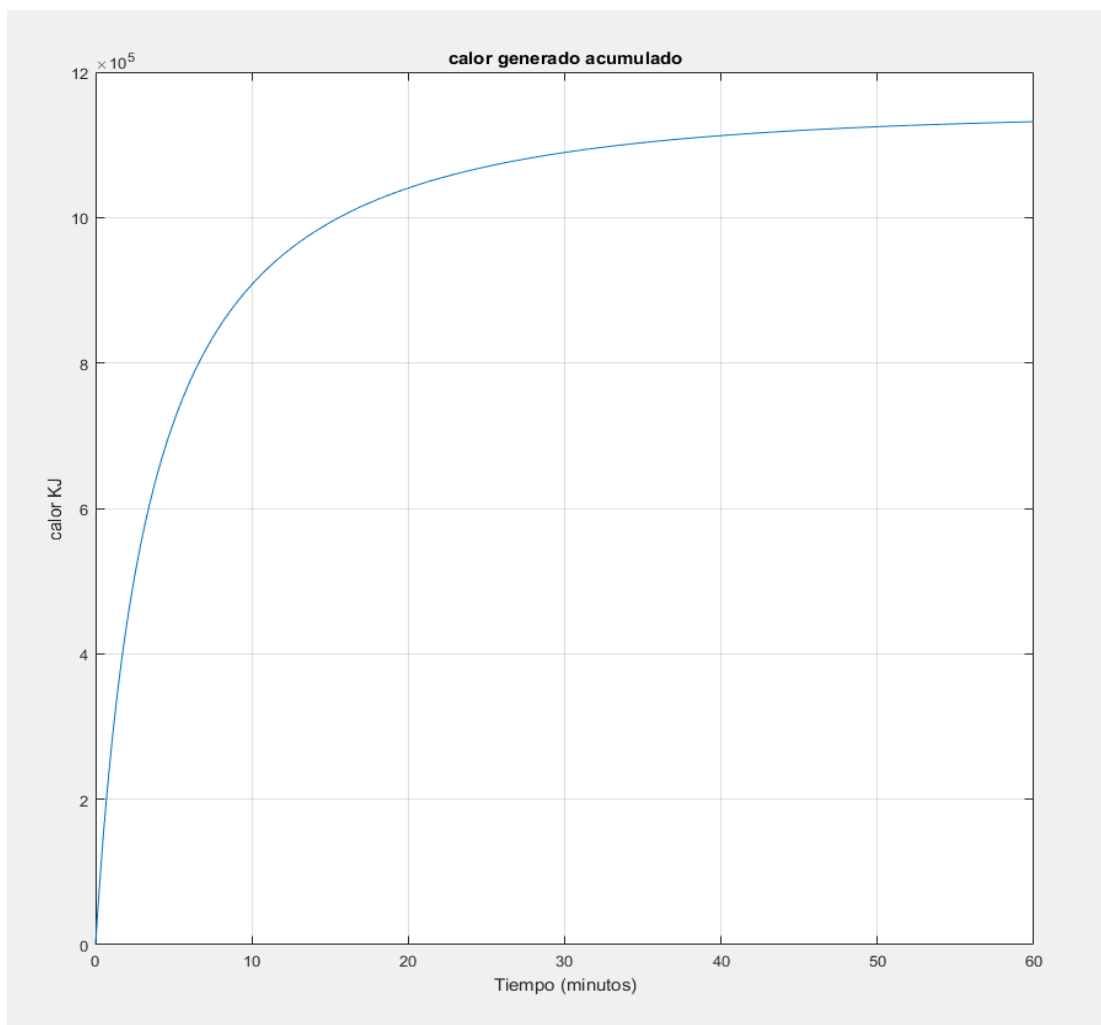
El calor generado por la reacción se muestra en la Figura 25, donde se observa que se libera gran cantidad de calor al comienzo de la reacción (sobre todo los primeros 10 minutos) y a continuación la tasa de calor generado es mucho menor.





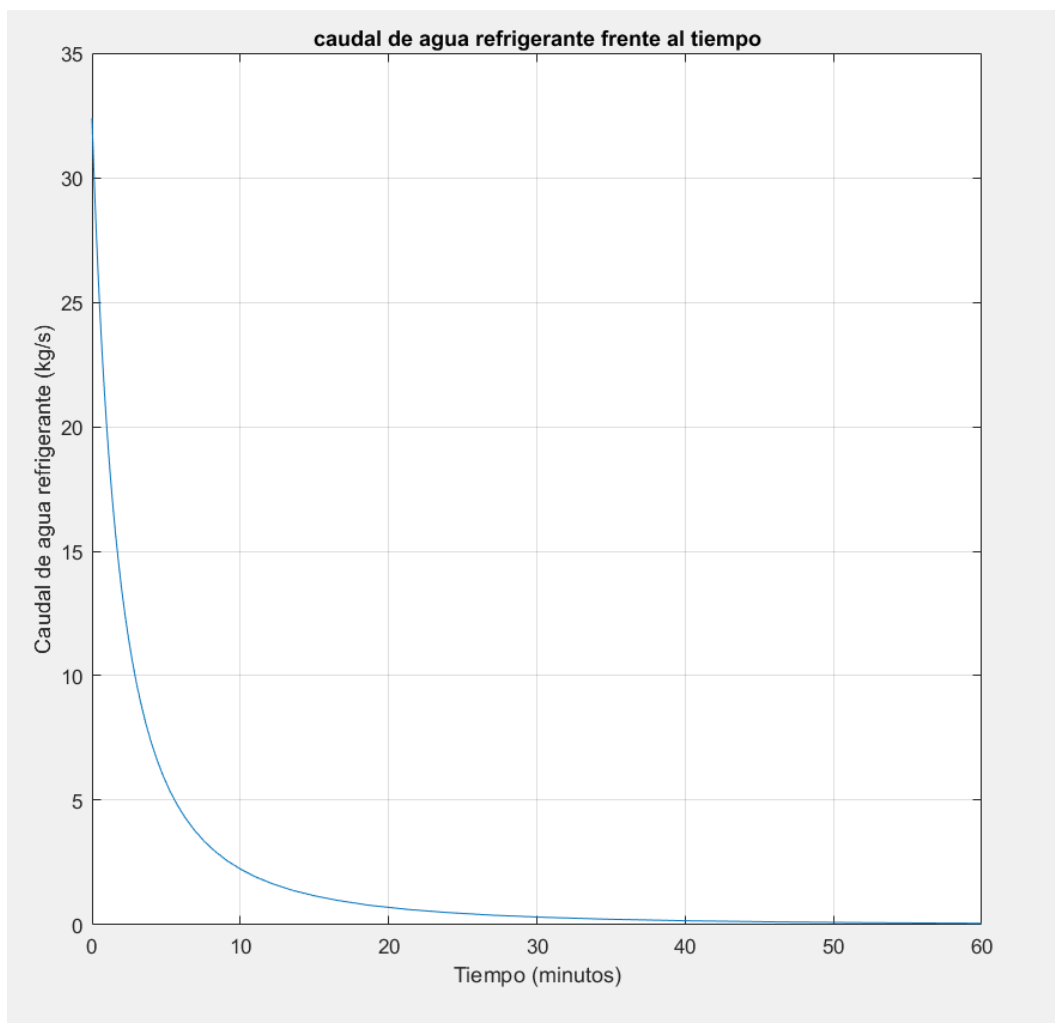
*Figura 25 Calor generado por unidad de tiempo en el reactor R-701*

El calor generado acumulado total se muestra en la Figura 26, y a los 60 minutos de reacción es de prácticamente  $1,078 \cdot 10^6$  kJ.



*Figura 26 Calor generado acumulado en el reactor R-701*

Tras realizar los cálculos necesarios empleando el código de Matlab adjunto, se obtiene el caudal de refrigerante y el área necesaria para el intercambio de calor. Para el diseño del equipo de intercambio de calor se emplean los mismos supuestos que para el diseño del reactor R-501, y los resultados se muestran a continuación.



*Figura 27 Caudal de agua refrigerante frente al tiempo en el reactor R-701*

Como se puede observar en la Figura 27, al comienzo de la reacción se necesita un mayor caudal de fluido refrigerante debido a que es cuando se libera mayor cantidad de calor. El caudal máximo es de cerca de 32,41 kg/s, aunque disminuye muy rápidamente la necesidad de agua refrigerante. En total se necesitan casi 6,5 m<sup>3</sup> de agua durante todo el proceso.

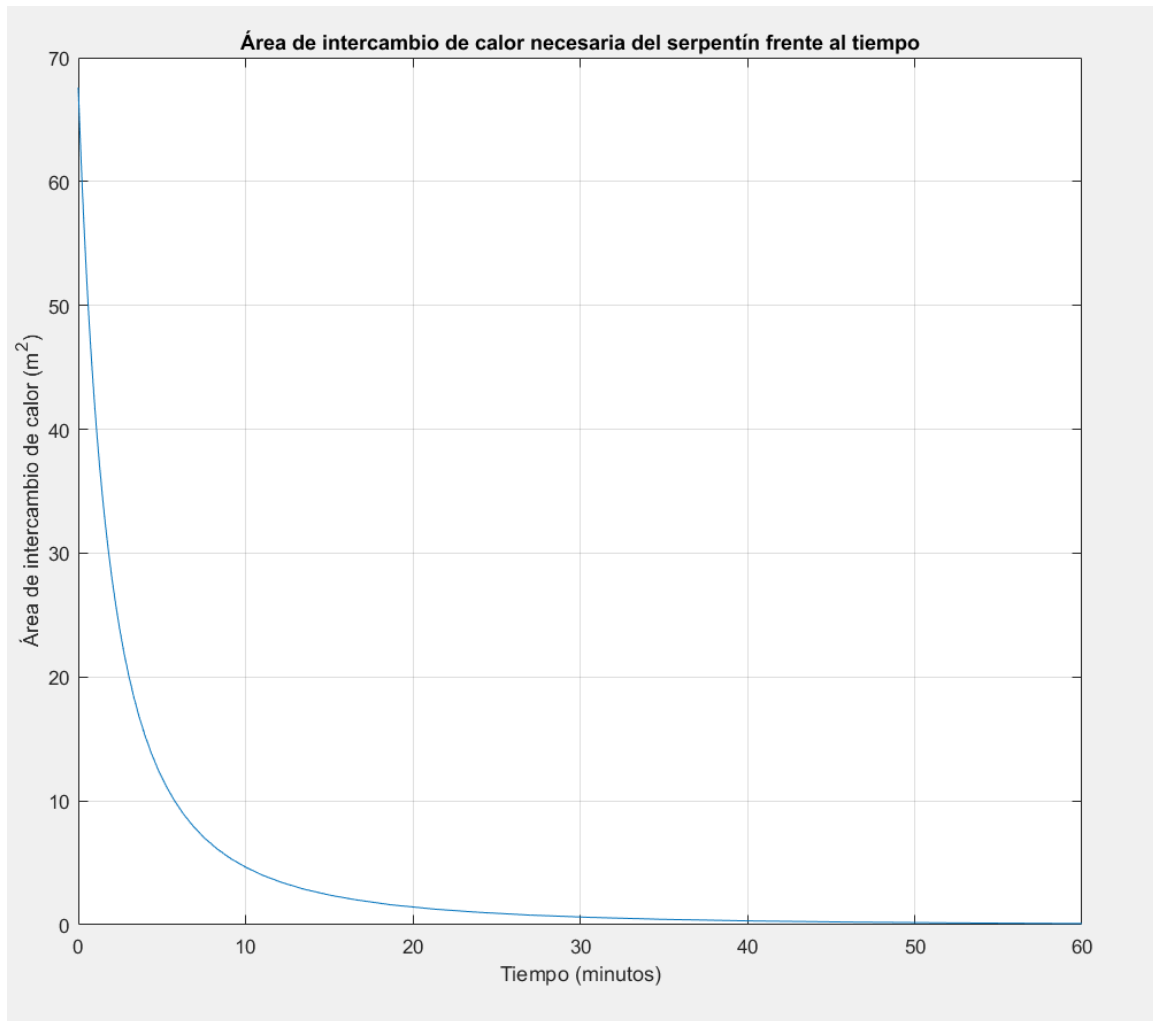


Figura 28 Área de intercambio de calor necesaria en el reactor R-701

Para empezar, se necesita un área de intercambio de calor de 67,6 m<sup>2</sup>, puesto que se debe emplear el valor máximo para el diseño, con el fin de asegurar que se puede retirar todo el calor en el momento de mayor generación.

Para conocer la velocidad del refrigerante en el serpentín se debe conocer se emplea la ecuación 17.

$$v = \frac{Q_{agua}}{A_{transversal}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad [Ecuación 17]$$

Donde:

- $v$ : velocidad del agua (m/s)
- $Q_{agua}$ : Caudal volumétrico de refrigerante  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$
- $A_{transversal}$ : Área de paso del serpentín (m<sup>2</sup>)

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para poder calcular el área de paso es necesario definir previamente el diámetro de la conducción. En este caso se escogerá la conducción de diámetro nominal 150, que se corresponde con 12,82 cm, y a mayores se supondrá un espesor de la conducción es de 6,55 mm basándose en una conducción de acero estándar de Schedule 40.

$$A_{transversal} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{serpentín}^2 = 0,0129 \text{ m}^2 \quad [\text{Ecuación 18}]$$

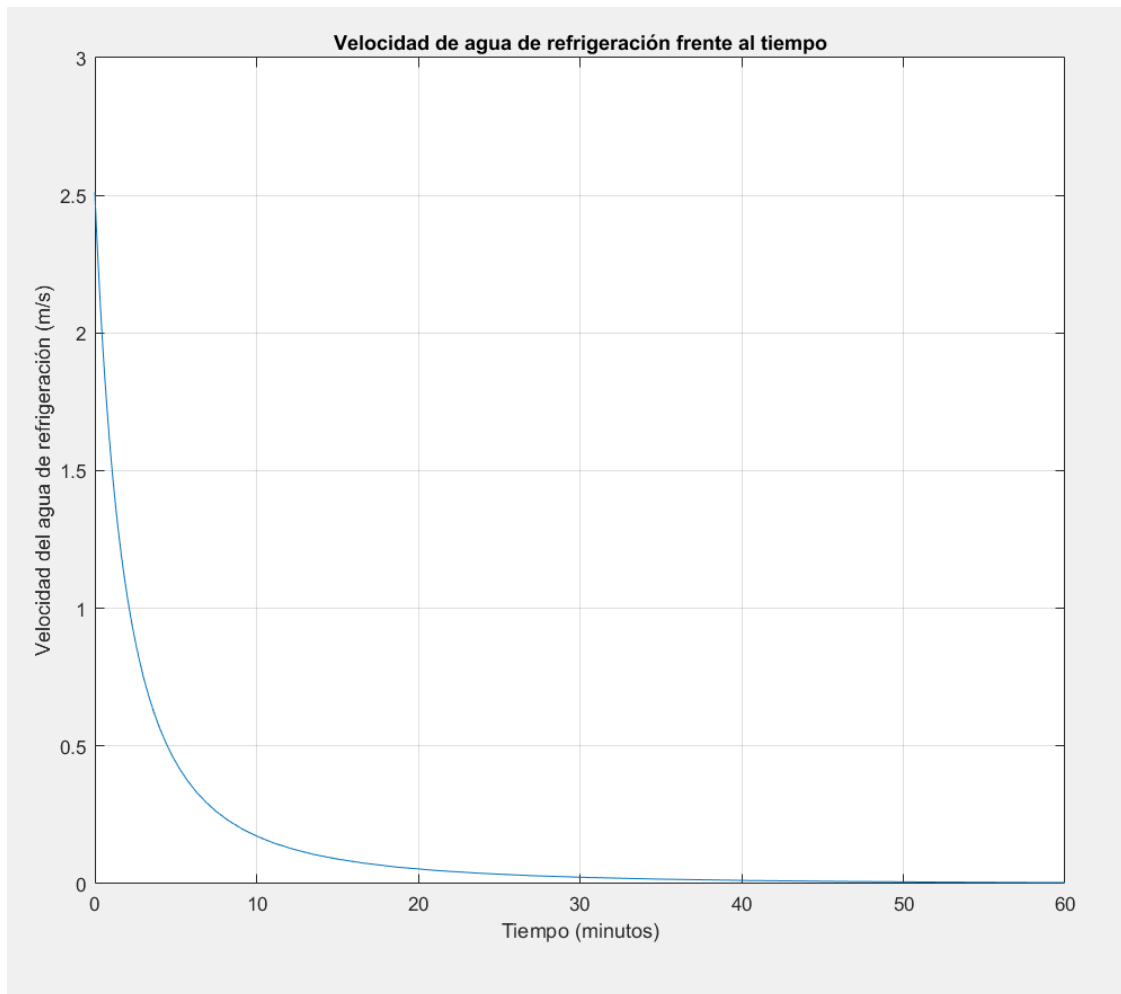


Figura 29 Velocidad del agua de refrigeración en el reactor R-701

La velocidad máxima del refrigerante, que se necesita al inicio de la reacción, es de 2,5 m/s. Es una velocidad alta para tratarse de un líquido, pero dentro de los límites de uso habituales, por lo que se aceptará como una velocidad aceptable puesto que la necesidad de velocidades tan altas no se prolonga mucho en el tiempo.

Para el diseño del serpentín se debe conocer la longitud de este, mediante la ecuación 19.

$$L = \frac{A_{intercambio}}{\pi \cdot (d_e)} = \frac{67,6 \text{ m}^2}{\pi \cdot (0,1282 + 2 \cdot 0,00655) \text{ m}} = 152 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 19}]$$

Y para conocer el radio de la hélice del serpentín es necesario conocer el diámetro del reactor. De igual manera que en el apartado anterior, y sabiendo que el volumen del reactor R-701 es de aproximadamente 9 m<sup>3</sup>:

$$H_{\text{liquido}} = D_{\text{reactor}} \quad [\text{Ecuación 20}]$$

$$V_{\text{liquido}} = \pi \cdot H_{\text{liquido}} \cdot \frac{D_{\text{reactor}}^2}{4} \quad [\text{Ecuación 21}]$$

Combinando ambas ecuaciones y realizando una aproximación, se obtiene:

$$H_{\text{liquido}} = D_{\text{reactor}} = 2 \text{ m}$$

Conocido el diámetro del tanque, se puede conocer el diámetro de la hélice del serpentín.

$$D_{\text{hélice}} = 0,9 \cdot D_{\text{reactor}} = 1,8 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 22}]$$

Por lo que el número de vueltas necesarias es:

$$\text{vueltas} = \frac{L}{\pi \cdot D_{\text{hélice}}} = 26 \text{ vueltas} \quad [\text{Ecuación 23}]$$

El volumen que ocupa el serpentín en el reactor es:

$$V_{\text{serpentín}} = L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 = 152 \text{ m} \cdot \frac{\pi}{4} (0,1282 + 2 \cdot 0,00655)^2 \text{ m}^2 = 2,4 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, ahora se puede conocer que la altura final del tanque con el volumen total, manteniendo el mismo diámetro obtenido en el cálculo previo, de 2 metros.

$$H_{\text{reactor}} = \frac{V_{\text{reactor}}}{\pi \cdot \frac{D_{\text{reactor}}^2}{4}} = \frac{11,4 \text{ m}^3}{\pi \cdot \frac{(2 \text{ m})^2}{4}} = 3,6 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 24}]$$

Por tanto, el cuerpo del reactor tendrá 2 metros de diámetro y 3,6 metros de alto, donde se insertará el serpentín para el intercambio de calor.

Por último, se sabe que el serpentín, al ser de gran tamaño, debe ir soportado en el interior del reactor. El serpentín ocupa un 90% del diámetro del reactor, por lo que el 10% restante es ocupado por 4 deflectores, lo que significa que tendrán 0,2 metros de ancho en el total del reactor.

#### 4.1.3 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico, se empleará el código ASME para un recipiente a presión. En este caso se trata de un recipiente cilíndrico de 1:1, con dos cabezales, uno superior y otro inferior.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para el diseño del cuerpo del reactor se debe tener en cuenta la presión de diseño, que en este caso es la presión atmosférica, así como la temperatura de diseño (80°C). El margen de diseño para la presión es normalmente el 10% de la presión de operación máxima, y la temperatura máxima de diseño es la temperatura de operación más alta esperada más 50°F.

Bajo el código ASME, el espesor mínimo de la pared es de 1,5 mm sin incluir la corrosión permisible e independientemente del material de construcción. Para el cálculo del espesor del cuerpo se debe tener en cuenta tanto la tensión radial y el esfuerzo longitudinal, y escoger el mayor valor obtenido del espesor.

$$\text{Tensión radial:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [\text{Ecuación 26}]$$

$$\text{Esfuerzo longitudinal:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Donde:

- $t$ : espesor mínimo requerido.
- $P_i$ : Presión interna = (1·1,1) atm = 1,1 atm.
- $D_i$ : Diámetro interno = 2 m
- $S$ : máximo esfuerzo permitido.
- $E$ : eficacia de la unión soldada.

Como en el diseño del tanque R-505, se empleará el acero inoxidable AISI 304 como material, puesto que las características de la mezcla reaccionante son muy semejantes, y aplicando el método de Ashby se obtiene el mismo resultado.

Para el material seleccionado, el valor del máximo esfuerzo permitido para la temperatura de operación se obtiene de la tabla mostrada en la Figura 19.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Material	Grade	Min Tensile strength (ksi)	Min Yield strength (ksi)	Maximum temperature (°F)	Maximum allowable stress at temperature °F (ksi = 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Carbon steel	A285 Gr A	45	24	900	12.9	12.9	12.9	11.5	5.9
Killed carbon Steel	A515 Gr 60	60	32	1000	17.1	17.1	17.1	14.3	5.9
Low alloy steel 1 ¼ Cr, ½ Mo, Si	A387 Gr 22	60	30	1200	17.1	16.6	16.6	16.6	13.6
Stainless steel 13 Cr	410	65	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel 18 Cr, 8 Ni	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
Stainless steel 18 Cr, 10 Ni, Cb	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
Stainless steel 18 Cr, 10 Ni, Ti	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
Stainless steel 16 Cr, 12 Ni, 2 Mo	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5

*Figura 19 Esfuerzos máximos permisibles en función del material de construcción*

Para la temperatura máxima de diseño, que es la temperatura máxima de operación (176 °F) aumentada en 50°F, el valor de S es de 16,85 ksi (1147 atm).

En el caso del factor de soldadura se supondrá que se realiza una soldadura a tope, o equivalente, con un grado de examinación radiográfica medio, puesto que a diferencia del caso del reactor R-501 no se trabaja a tan elevada presión, y se trata de un reactor más pequeño.

Joint Description	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
		Full	Spot	None
Double-welded butt joint or equivalent	A, B, C, D	1.0	0.85	0.70
Single-welded butt joint with backing strip	A, B, C, D	0.9	0.8	0.65
Single-welded butt joint without backing strip	A, B, C	NA	NA	0.60
Double full fillet lap joint	A, B, C	NA	NA	0.55
Single full fillet lap joint with plug welds	B, C	NA	NA	0.50
Single full fillet lap joint without plug welds	A, B	NA	NA	0.45

*Figura 20 categorías de soldaduras*

El valor de E, por tanto, de 0,85.



$$\text{Tensión radial: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ m}}{2 \cdot 1147 \text{ atm} \cdot 0,85 - 1,2 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,00113 \text{ m}$$

$$\text{Esf. longitudinal: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ m}}{4 \cdot 1147 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,8 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,00056 \text{ m}$$

Como ninguno de los valores calculados llega al mínimo requerido por el código ASME, el espesor del tanque será de 1,5 mm, y teniendo en cuenta el sobreespesor por corrosión, se deben añadir 2 mm a mayores, por lo que el espesor final es de 3,5 mm.

A continuación, se diseñarán los cabezales. Como en este caso no se trabaja a presiones tan altas como en el reactor de hidrogenación, se escogerán cabezales torisféricos, que son los más comunes en la industria química, dado que su comportamiento a presiones bajas (hasta 15 atm) es aceptable y además su coste de fabricación es menor que el de un cabezal hemisférico.

Para conocer el espesor del cabezal torisférico se emplea la ecuación 41.

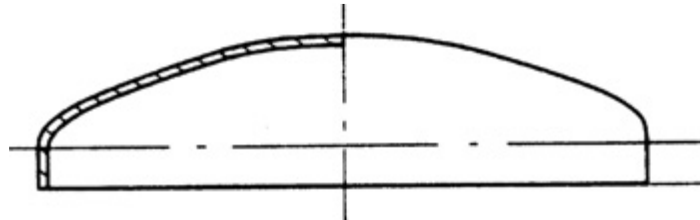


Figura 30 Esquematización de un cabezal torisférico

$$t = \frac{0,885 \cdot P_i \cdot R_C}{SE - 0,1P_i} \quad [\text{Ecuación 41}]$$

$$t = \frac{0,885 \cdot 1,1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ m}}{1147 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,1 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,002 \text{ m}$$

En este caso el espesor del cabezal es de 2 mm, y si se añade el sobreespesor teniendo en cuenta la corrosión, se quedaría en 4 mm.

#### 4.1.4 Peso del reactor

El peso del reactor se puede desglosar entre el peso del cuerpo y de los dos cabezales.

Por una parte, el peso del cuerpo cilíndrico del reactor se calcula empleando la ecuación 29.

$$\text{Peso}_{\text{cuerpo}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{externo}}^2 - D_{\text{interno}}^2) \cdot H_{\text{cuerpo}} \cdot \rho_{\text{acero}} \quad [\text{Ecuación 29}]$$

Donde:

- $\rho_{\text{acero}}$ : densidad del acero AISI 304 = 7900 kg/m<sup>3</sup>.

$$Peso_{cuerpo} = \frac{\pi}{4} \cdot ((2 + 2 \cdot 0,0035)^2 - 2^2) m^2 \cdot 3,7 m \cdot 7900 \frac{kg}{m^3} = 644 kg$$

A este resultado se le debe sumar el peso de los dos cabezales para obtener una aproximación del peso total del recipiente una vez ensamblado. (se asumirá el mismo volumen que para un cabezal hemisférico para simplificar el cálculo, con el radio de la corona empleado para el cabezal toriesférico)

$$Peso_{cabezal} = \frac{2\pi}{3} \cdot (R_{externo}^3 - R_{interno}^3) \cdot \rho_{acero} \quad [Ecuación 42]$$

$$Peso_{cabezal} = \frac{2\pi}{3} \cdot ((2 + 2 \cdot 0,004)^3 - 2^3) m^3 \cdot 7900 \frac{kg}{m^3} = 1595 kg$$

Al disponer de dos cabezales, el peso de ambos será el doble, es decir, 3190 kg.

#### 4.1.5 Agitación

Para conseguir una mezcla de los reactivos y asegurar un buen contacto en el interior del reactor, se va a trabajar en un régimen turbulento. Para un rodete y una configuración de tanque determinados, el módulo de Reynolds que determina el tipo de flujo se muestra en la Ecuación 31, y se suele considerar flujo completamente turbulento cuando este módulo adimensional es mayor de  $10^4$ .

$$Re = \frac{\rho_L N D^2}{\mu_L} \quad [Ecuación 31]$$

Siendo:

- Re: módulo de Reynolds.
- $\rho_L$ : densidad del líquido =  $1043 kg/m^3$
- $\mu_L$ : viscosidad del líquido =  $4,59 \cdot 10^{-4} kg/(m \cdot s)$
- $N$ : velocidad rotacional = 30 rpm = 0,5 rps
- $D$ : diámetro del rodete =  $T/3 = 2/3 m = 0,66 m$

$$Re = \frac{1043 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,5 \cdot (0,66 m)^2}{4,59 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s}} = 4,95 \cdot 10^5$$

En este caso se va a seleccionar una turbina Rushton para la agitación de la mezcla líquida, y se tiene en cuenta que se dispone de cuatro deflectores para evitar la formación de vórtices y la fijación del serpentín para la refrigeración.

## Anexo II. Cálculos justificativos

En la Figura 21 se muestra la relación, para diferentes agitadores, entre el módulo de Reynolds y el número de potencia adimensional, mostrado en la ecuación 32. (Perry, 1997)

$$N_P = \frac{P}{\rho_L N^3 D^5} \quad [\text{Ecuación 32}]$$

Donde:

- $N_P$ : número de potencia
- $\rho_L$ : densidad del líquido = 1043 kg/m<sup>3</sup>
- $N$ : velocidad rotacional = 30 rpm = 0,5 rps
- $D$ : diámetro del rodete = 0,66 m
- $P$ : potencia.

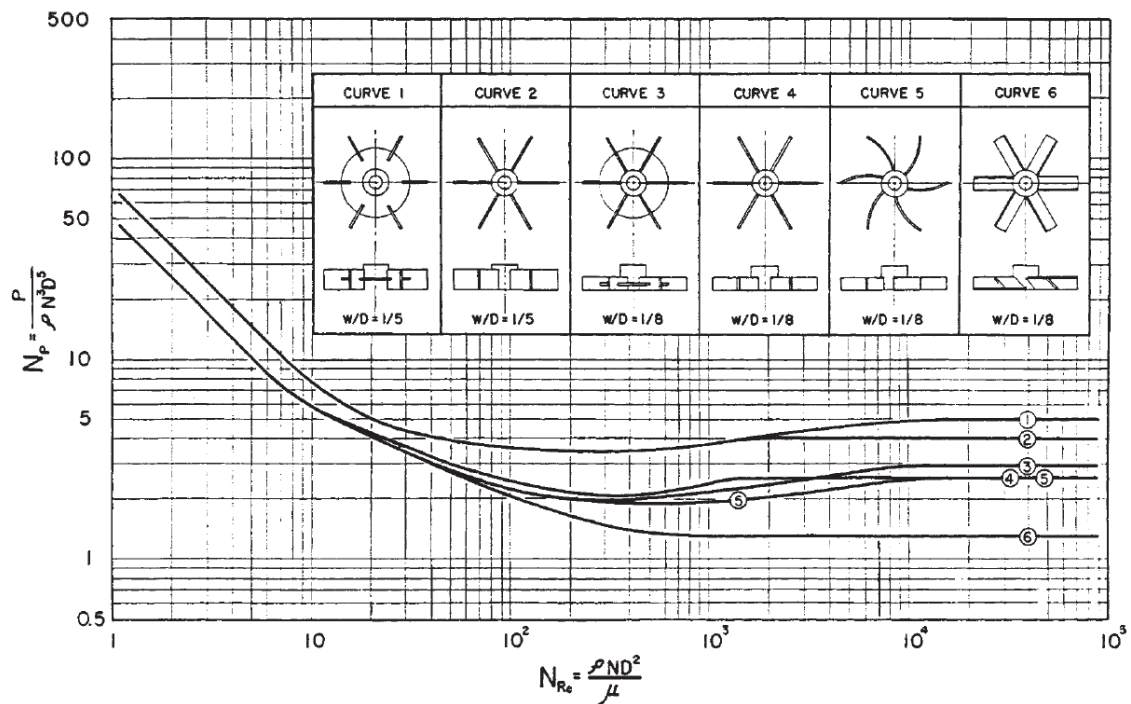


Figura 21 Número de potencia adimensional en tanques agitados.

De la figura se obtiene, para un rodete tipo 1,  $N_P=5$ , por lo que la potencia necesaria es:

$$P = N_P \rho_L N^3 D^5 = 5 \cdot 1043 \cdot 0,5^3 \cdot 0,66^5 = 54 \text{ W}$$

## 5 CRISTALIZADOR C-701

En el cristalizador C-701 se introduce la mezcla de salida del reactor R-701, donde se forma el paracetamol, para conseguir la cristalización de este. Por tanto, la mezcla contiene paraaminofenol y anhídrido acético en concentraciones bajas, y agua, paracetamol y ácido acético en mayor medida.

### 5.1 Balance de materia

La composición en moles de la corriente de entrada se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8 Composición de la corriente de entrada al cristalizador C-701

<b>Agua</b>	101,70 kmol
<b>P-aminofenol</b>	0,34 kmol
<b>Anhídrido Acético</b>	7,05 kmol
<b>Paracetamol</b>	31,66 kmol
<b>Ácido Acético</b>	31,66 kmol

Conociendo el volumen de la mezcla que sale del reactor R-701, se va a suponer que se mantiene igual, por lo tanto, se tomará como valor 9 m<sup>3</sup>.

Para la realización del balance de materia, se va a suponer que la generación de cristales de paracetamol con el tiempo se da en condiciones de crecimiento constante, y que se alimentan al cristalizador cristales semilla, con un diámetro mucho menor que el final al comienzo del proceso, por lo que no va a existir nucleación apreciable. El modelo empleado se muestra en la ecuación 43.

$$\frac{dm_T}{dt} = \frac{3m_S G}{L_S} \left( \frac{Gt}{L_S} + 1 \right)^2 \quad [\text{Ecuación 43}]$$

Donde:

- $m_T$ : masa de cristales en la suspensión.
- $m_S$ : masa de cristales semilla introducidos al cristalizador=120 kg
- $G$ : velocidad de crecimiento de los cristales de paracetamol =  $2 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s}$
- $t$ : tiempo de cristalización.
- $L_S$ : tamaño de los cristales semilla= 125  $\mu m$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Sabiendo que se quiere cristalizar todo el paracetamol generado en la reacción de acetilación llevada a cabo en el reactor R-701, se ha creado un código en Matlab para poder conocer la evolución del sólido en el interior del cristalizador. En la Figura 31 se muestra la masa de cristales de paracetamol frente al tiempo. Se observa que el tiempo total para completar el proceso es de 4 horas y cuarto.

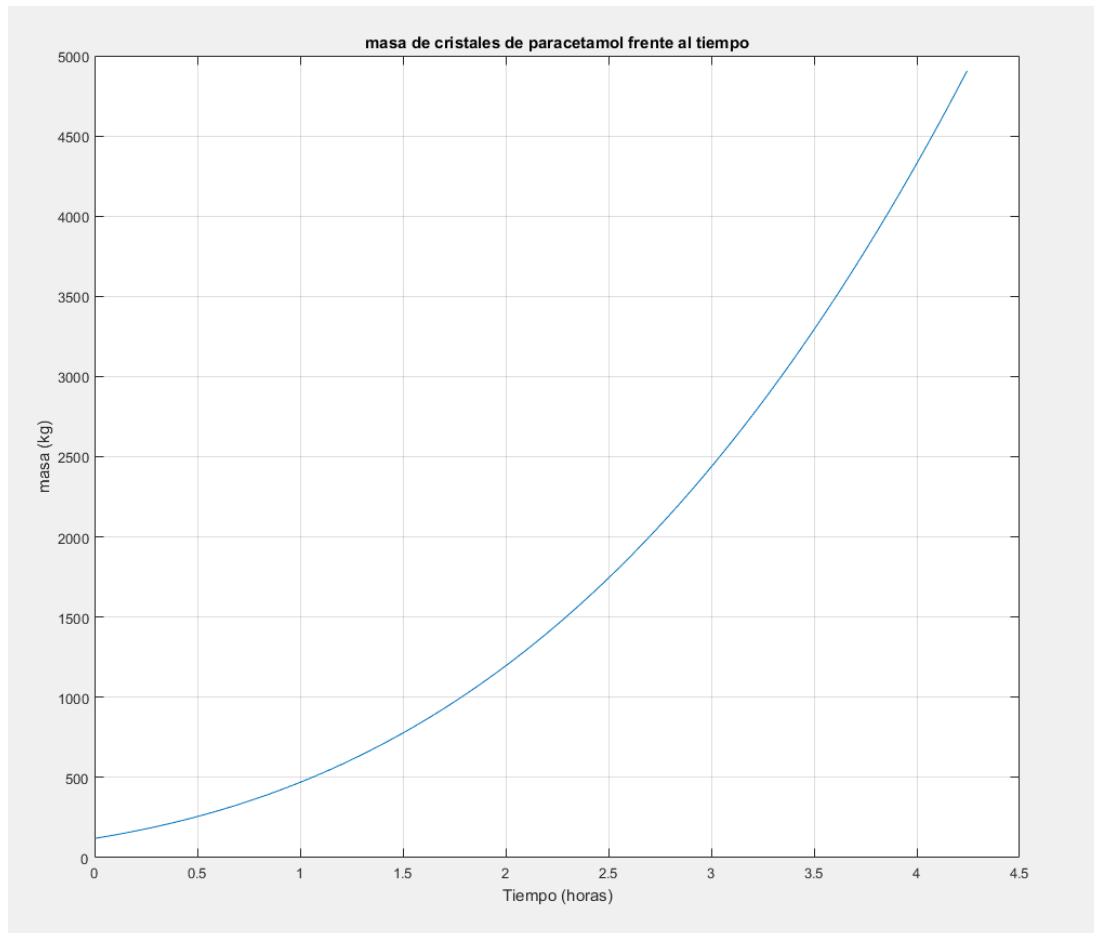


Figura 31 Evolución en la masa de los cristales de paracetamol frente al tiempo en C-701

Conociendo el tiempo total de cristalización y el tamaño de los cristales semilla de paracetamol, se puede conocer el tamaño de los cristales finales de paracetamol, empleando la ecuación 44.

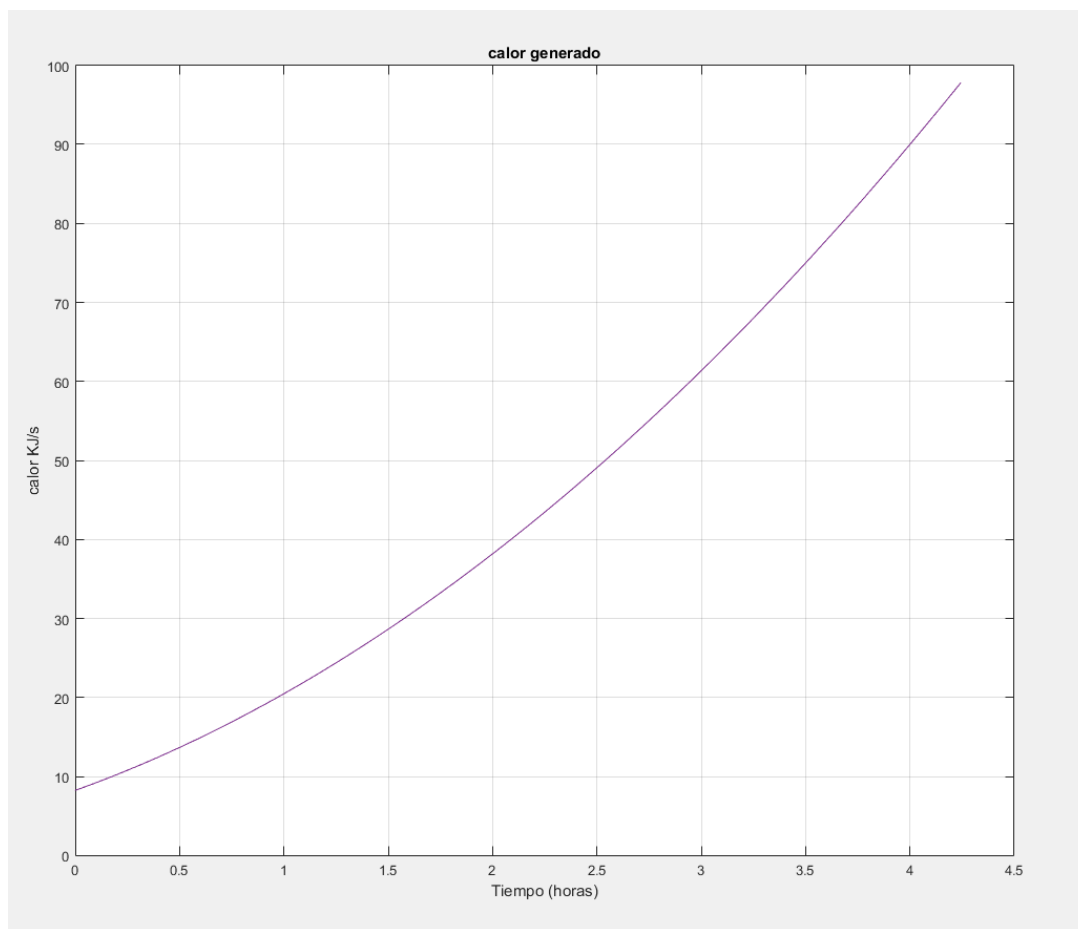
$$L_T = L_S + G \cdot t \quad [\text{Ecuación 44}]$$

Para el cristalizador C-701:

$$L_T = 125 \cdot 10^{-6} m + 2 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s} \cdot (1,528 \cdot 10^4 s) = 430 \mu m$$

## 5.2 Balance de energía

Se va a tener en cuenta el calor liberado durante la cristalización de paracetamol a lo largo de las 4,25 horas, para conocer la refrigeración necesaria en el cristalizador. Se conoce bibliográficamente que el calor de cristalización del acetaminofén es 21,7 kJ/mol. Mediante el mismo código de Matlab se obtiene el calor generado por unidad de tiempo, así como el calor generado acumulado, mostrados en las Figuras 32 y 33.



*Figura 32 Calor generado por unidad de tiempo en el C-701*

Como se puede observar en la Figura 33, el calor generado por unidad de tiempo sigue, de forma lógica, la misma tendencia que la generación de cristales de paracetamol.

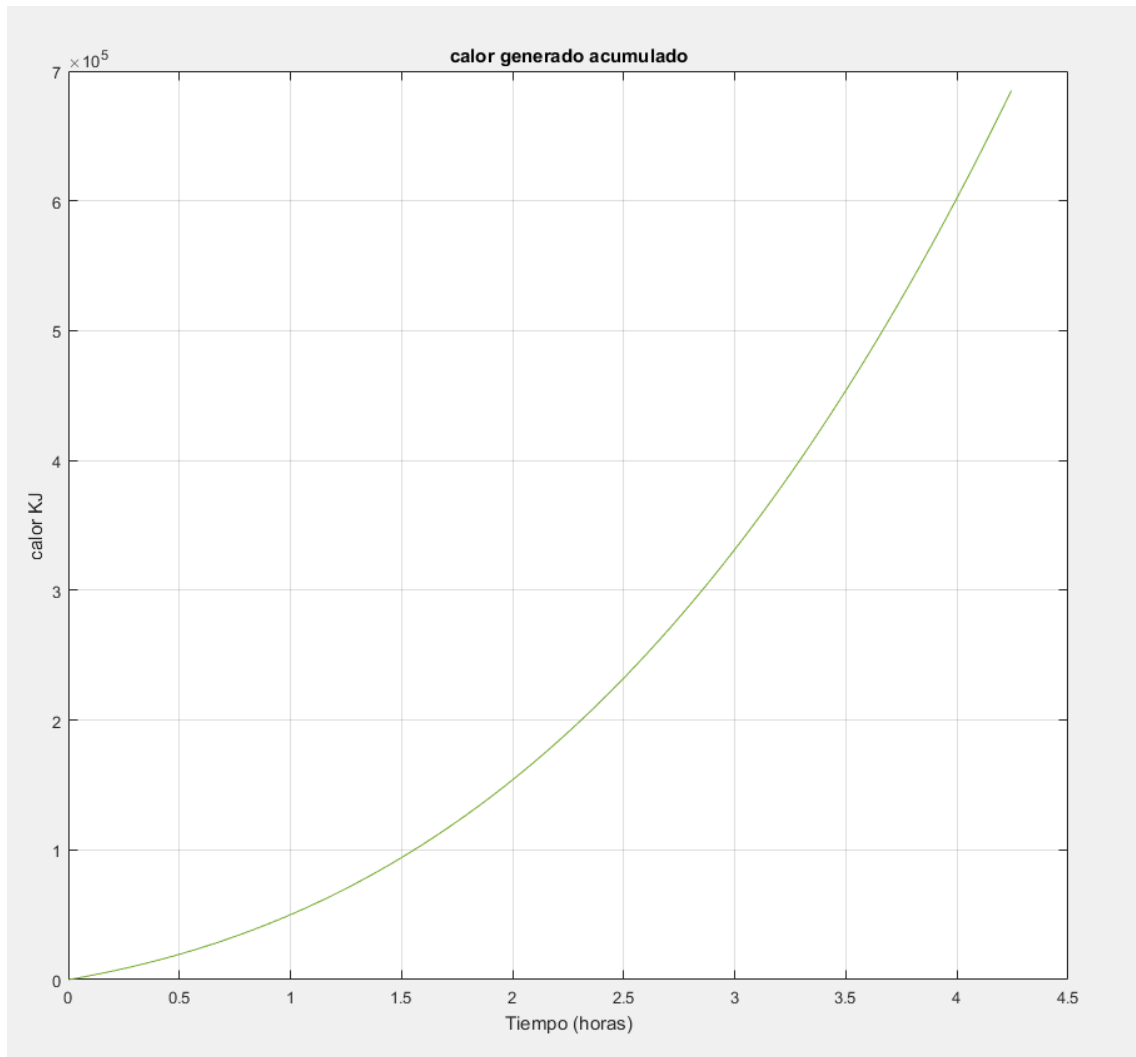


Figura 33 Calor generado acumulado en el C-701

El calor total generado tras la finalización de la reacción es de  $6,85 \cdot 10^5$  kJ.

Por ello se debe diseñar un equipo de refrigeración para mantener la mezcla en 35°C para permitir la saturación y precipitación del paracetamol. Tras realizar los cálculos necesarios empleando el código de Matlab adjunto, se obtiene el caudal de refrigerante y el área necesaria para el intercambio de calor. Se empleará un serpentín, por donde circula agua. El caudal de agua refrigerante se calcula empleando la ecuación 14.

$$\frac{dq}{dt} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [\text{Ecuación 14}]$$

Donde los términos que intervienen son:

- $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.
- $m$ : caudal de agua de refrigeración.

## Anexo II. Cálculos justificativos

- $C_p$ : Calor específico del agua =  $C_p \ 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$
- $\Delta T$ : Aumento de temperatura del agua de refrigeración
  - $T \text{ entrada agua} = 25^\circ C$
  - $T \text{ salida agua} = 30^\circ C$

Y, por otra parte, se tiene la ecuación 15:

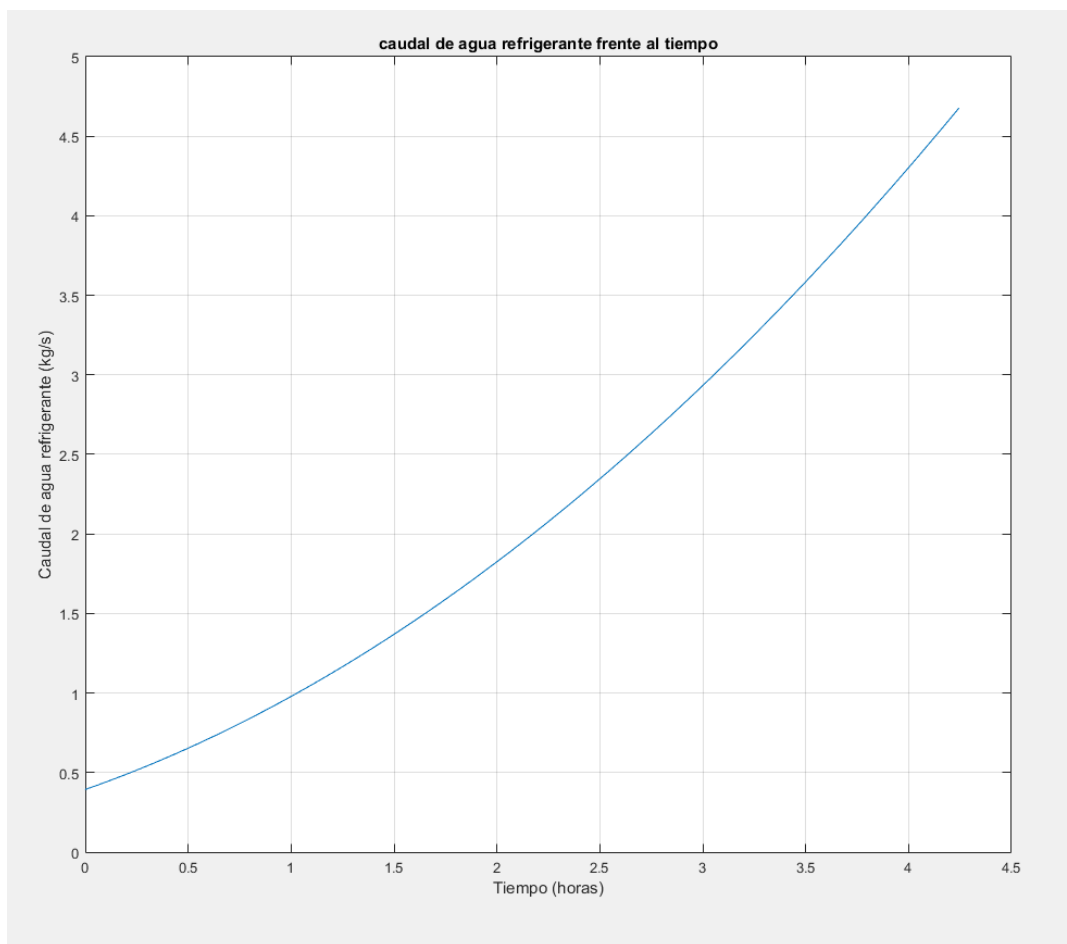
$$\frac{dq}{dt} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ML} \quad [Ecuación 15]$$

Donde:

- $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.
- $U$ : Coeficiente global de transmisión de calor =  $1400 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $A$ : Área de intercambio de calor
- $\Delta T_{ML}$ : Diferencia de temperatura media logarítmica del agua de refrigeración.

El caudal de agua necesario y el área de intercambio de calor para la refrigeración del cristalizador C-701 se muestran en las figuras 34 y 35.





*Figura 34 caudal de agua de refrigeración necesario en el C-701*

El caudal de agua necesario es mayor al final de la cristalización, puesto que la masa de sólidos generada aumenta exponencialmente con el tiempo.

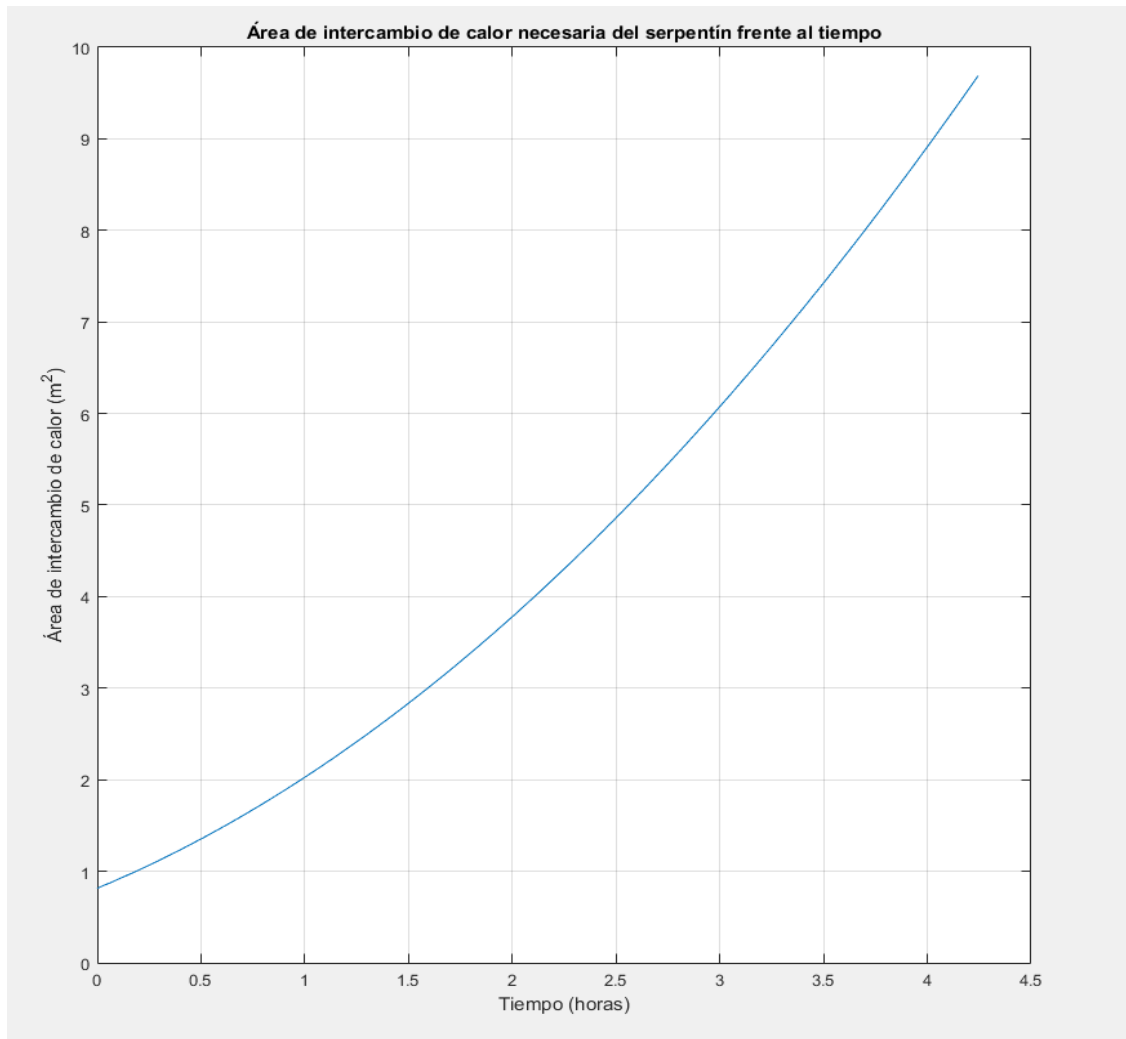


Figura 35 Área de intercambio de calor del serpentín del C-701

El área seleccionada para el diseño del serpentín será la mayor área necesaria, que se da en el caso de mayor generación de calor por unidad de tiempo, y es de 9,7 m<sup>2</sup>.

Para conocer la velocidad del refrigerante en el serpentín se debe conocer se emplea la Ecuación 17.

$$v = \frac{Q_{agua}}{A_{transversal}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad [Ecuación 17]$$

Donde:

- $v$ : velocidad del agua (m/s)
- $Q_{agua}$ : Caudal volumétrico de refrigerante  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$
- $A_{transversal}$ : Área de paso del serpentín (m<sup>2</sup>)

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para poder calcular el área de paso es necesario definir previamente el diámetro de la conducción. Se sabe que es el diámetro del tanque entre 30, pero se debe encontrar entre los 6 cm y los 12 cm de diámetro.

Para una relación 1:1 entre la altura de líquido y el diámetro del tanque, para un tanque cilíndrico de 9 m<sup>3</sup> se tiene:

$$H_{\text{liquido}} = D_{\text{reactor}} \quad [\text{Ecuación 20}]$$

$$V_{\text{liquido}} = \pi \cdot H_{\text{liquido}} \cdot \frac{D_{\text{reactor}}^2}{4} \quad [\text{Ecuación 21}]$$

Combinando ambas ecuaciones y realizando una aproximación, se obtiene:

$$H_{\text{liquido}} = D_{\text{reactor}} = 2,25 \text{ m}$$

Por tanto, el diámetro mínimo recomendable para el serpentín es de 2,25m/30, o lo que es lo mismo, 0,075m. Como se encuentra dentro del rango aceptable para un tanque agitado, se buscará el diámetro de una conducción nominal más próximo. Se selecciona la conducción de diámetro nominal 80 de acero Schedule 40. Se dispone de un diámetro interno de 0,0779 m y un espesor de 0,00549 m. Con estos datos se puede proceder al cálculo del área transversal de paso, y comprobar la velocidad del fluido refrigerante.

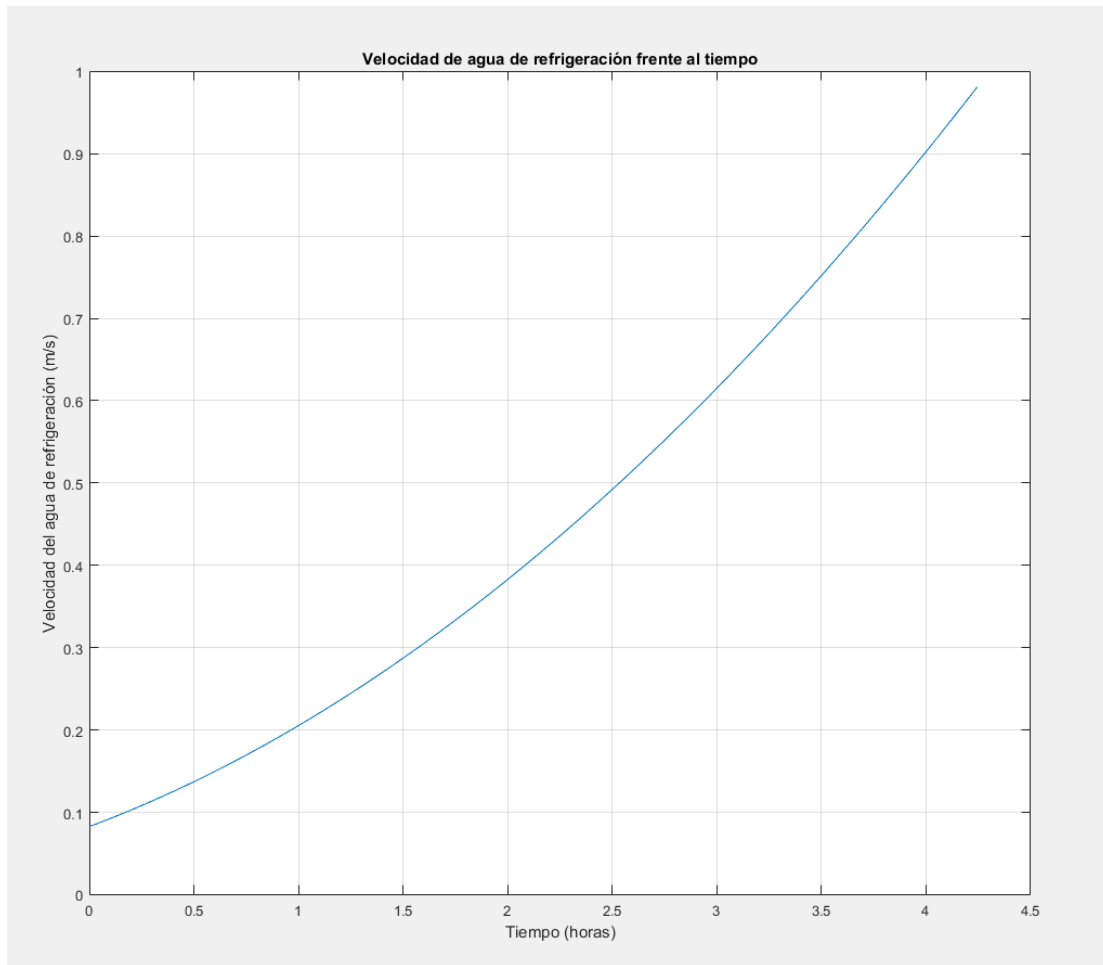


Figura 36 Velocidad del agua de refrigeración en el C-701

La velocidad máxima del refrigerante, que se necesita al final de la cristalización es de prácticamente 1 m/s.

Para el diseño del serpentín se debe conocer la longitud de este, mediante la Ecuación 19.

$$L = \frac{A_{intercambio}}{\pi \cdot (d_e)} = \frac{9,7 \text{ m}^2}{\pi \cdot (0,0779 + 2 \cdot 0,00549)m} = 34,75 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 19}]$$

Y para conocer el radio de la hélice del serpentín se parte del radio del cristizador, ya calculado.

Conocido el diámetro del tanque, se puede conocer el diámetro de la hélice del serpentín.

$$D_{hélice} = 0,9 \cdot D_{reactor} = 0,9 \cdot 2,25m = 2 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 22}]$$

Por lo que el número de vueltas necesarias es:

$$vueltas = \frac{L}{\pi \cdot D_{hélice}} = 6 \text{ vueltas} \quad [\text{Ecuación 23}]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Y se sabe que el espaciado entre cada vuelta suelen ser el diámetro del serpentín, por lo que la altura total del serpentín es de 1 metro.

El volumen que ocupa el serpentín en el reactor es:

$$V_{\text{serpentín}} = L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 = 34,75 \text{ m} \cdot \frac{\pi}{4} (0,0779 + 2 \cdot 0,00549)^2 \text{ m}^2 = 0,22 \text{ m}^3 \quad [\text{Ecuación 24}]$$

Por lo tanto, ahora se puede conocer que la altura final del tanque con el volumen total, manteniendo el mismo diámetro obtenido en el cálculo previo, de 2,25 metros.

$$H_{\text{reactor}} = \frac{V_{\text{reactor}}}{\pi \cdot \frac{D_{\text{reactor}}^2}{4}} = \frac{9,22 \text{ m}^3}{\pi \cdot \frac{(2,25 \text{ m})^2}{4}} = 2,32 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 25}]$$

### 5.2.1 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico, se empleará el código ASME para un recipiente a presión. En este caso se trata de un recipiente cilíndrico de 1:1, con dos cabezales, uno superior y otro inferior.

Para el diseño del cuerpo del reactor se debe tener en cuenta la presión de diseño, que será la presión atmosférica, así como la temperatura de diseño (35°C). El margen de diseño para la presión es normalmente el 10% de la presión de operación máxima, y la temperatura máxima de diseño es la temperatura de operación más alta esperada más 50°F.

Como en los diseños anteriores se debe tener en cuenta tanto la tensión radial y el esfuerzo longitudinal.

$$\text{Tensión radial:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [\text{Ecuación 26}]$$

$$\text{Esfuerzo longitudinal:} \quad t = \frac{P_i \cdot D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Donde:

- $t$ : espesor mínimo requerido.
- $P_i$ : Presión interna = (1·1,1) atm = 1,1 atm.
- $D_i$ : Diámetro interno = 2,25 m
- $S$ : máximo esfuerzo permitido.
- $E$ : eficacia de la unión soldada.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para la temperatura máxima de diseño, que es la temperatura máxima de operación (35°C = 95°F) aumentada en 50°F (145°F), el valor de S se obtiene de la Figura 19 y es de 18,875 ksi (1284,4 atm)

En el caso del factor de soldadura se supondrá que se realiza una soldadura a tope, o equivalente, con un grado de examinación por radiografía intermedio:  $E = 0,85$

$$\text{Tensión radial: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,25 \text{ m}}{2 \cdot 1284,4 \text{ atm} \cdot 0,85 - 1,2 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,0011 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 26}]$$

$$\text{Esf. longitudinal: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,25 \text{ m}}{4 \cdot 1284,4 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,8 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,00057 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Como en ninguno de los casos se llega al mínimo espesor necesario, se debe escoger un valor de  $t=1,5$  mm. Teniendo en cuenta que la mezcla no es corrosiva, se añade un sobreespesor de 2 mm, por lo que al final el espesor total del cuerpo del tanque es de 3,5 mm.

A continuación, se diseñarán los cabezales. Como en este caso se trabaja a presión atmosférica, se escogerán un cabezal toriesférico como cabezal superior, y un cabezal cónico para la zona inferior, con el fin de facilitar la retirada de los cristales de paracetamol.

Para conocer el espesor del cabezal torisférico se emplea la ecuación 41.

$$t = \frac{0,885 \cdot P_i \cdot R_C}{SE - 0,1P_i} \quad [\text{Ecuación 41}]$$

$$t = \frac{0,885 \cdot 1,1 \text{ atm} \cdot 2,25 \text{ m}}{1284,4 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,1 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,0018 \text{ m}$$

En este caso el espesor del cabezal es de 1,8 mm, y si se añade el sobreespesor teniendo en cuenta la corrosión, se quedaría en 3,8 mm.

Para el cabezal inferior se emplea un cabezal cónico, lo que significa que presenta una reducción gradual de su diámetro desde la sección cilíndrica del equipo. La ecuación que presenta el código ASME para conocer el espesor del cabezal se muestra en la ecuación 45.

$$t = \frac{P_i \cdot D_i}{2\cos\alpha(SE - 0,6P_i)} \quad [\text{Ecuación 45}]$$

Donde  $\alpha$  es la mitad del ángulo del ápice (o punto más alto) del cono. Suponiendo un  $\alpha=45^\circ$

$$t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,25 \text{ m}}{2\cos(45)(1284,4 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 1,1 \text{ atm})} = 0,0022 \text{ m}$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Por lo que el espesor del cabezal debe ser de 2,2 mm, aumentado en otros 2 mm por el sobreespesor por corrosión.

## 6 CRISTALIZADOR C-801

Este cristalizador supone la purificación final del paracetamol, y es prácticamente el último equipo en el proceso, seguido de una filtración para la separación de los cristales de paracetamol. En este caso se sigue el mismo método de diseño que en el apartado anterior, y se aporta el código de Matlab® empleado para realizar los cálculos y la obtención de las gráficas.

### 6.1 Balance de materia

La composición en moles de la corriente de entrada se muestra en la tabla 9.

*Tabla 9 Composición de la corriente de entrada al cristalizador C-801*

<b>Agua</b>	550,12 kmol
<b>Paracetamol</b>	32,45 kmol

Un volumen aproximado se estima a partir de las densidades tanto del agua como del paracetamol, con lo que se obtiene un volumen de 14 m<sup>3</sup>.

Como en el caso anterior, se supondrá que la generación de cristales de paracetamol con el tiempo se da en condiciones de crecimiento constante, y que se alimentan al cristalizador cristales semilla, con un diámetro mucho menor que el final al comienzo del proceso, con lo que no va a darse el proceso de nucleación. El modelo empleado se muestra en la ecuación 43.

$$\frac{dm_T}{dt} = \frac{3m_S G}{L_S} \left( \frac{Gt}{L_S} + 1 \right)^2 \quad [\text{Ecuación 43}]$$

Donde:

- $m_T$ : masa de cristales en la suspensión.
- $m_S$ : masa de cristales semilla introducidos al cristalizador=120 kg
- $G$ : velocidad de crecimiento de los cristales de paracetamol =  $2 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s}$
- $t$ : tiempo de cristalización.
- $L_S$ : tamaño de los cristales semilla= 125  $\mu m$

En la Figura 37 se muestra la masa de cristales de paracetamol frente al tiempo. Se observa que el tiempo total para completar el proceso es de 4,3 horas.



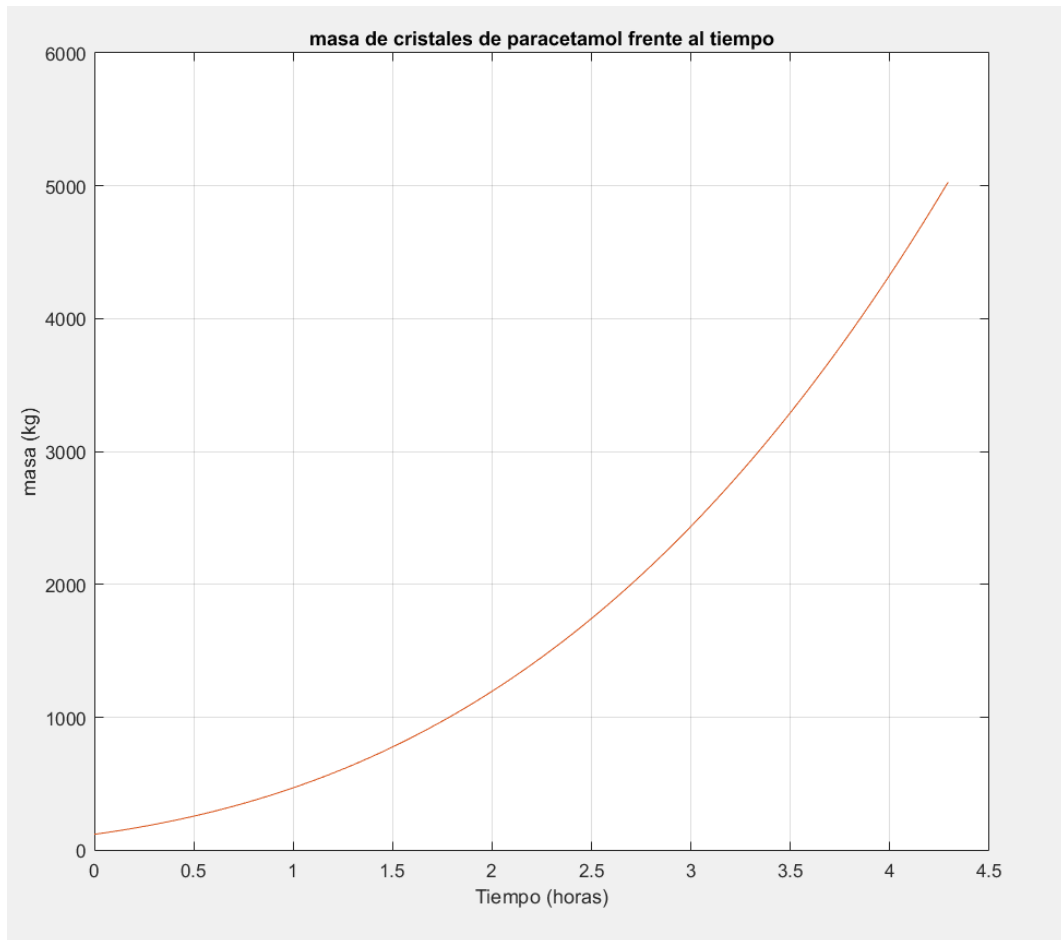


Figura 37 Evolución de la masa de los cristales de paracetamol en el cristalizador C-801

Conociendo el tiempo total de cristalización y el tamaño de los cristales semilla de paracetamol, se puede conocer el tamaño de los cristales finales de paracetamol, empleando la ecuación 44.

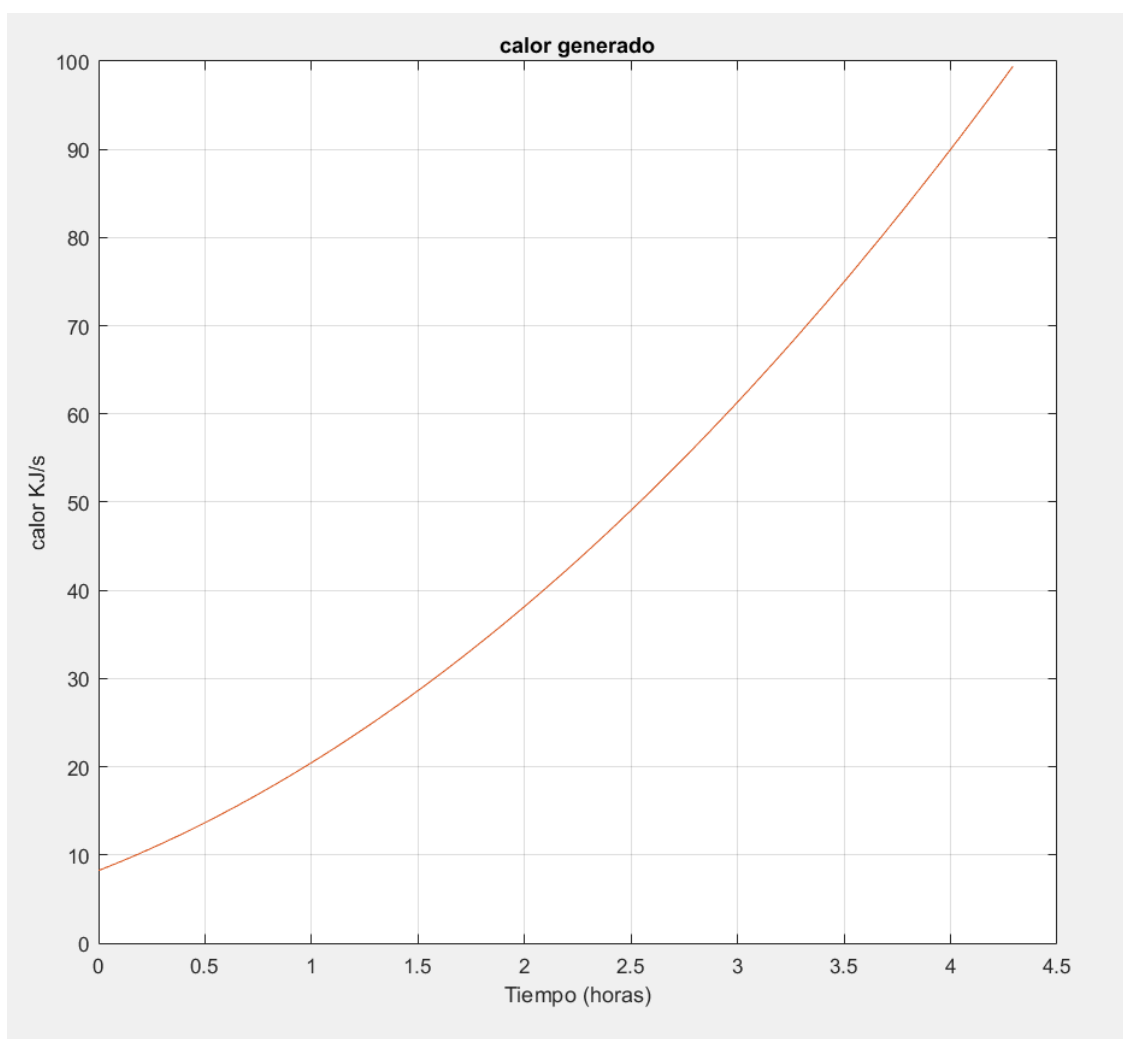
$$L_T = L_S + G \cdot t \quad [\text{Ecuación 44}]$$

Para el cristalizador C-701:

$$L_T = 125 \cdot 10^{-6} m + 2 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s} \cdot (1,5454 \cdot 10^4 s) = 434 \mu m$$

## 6.2 Balance de energía

Se va a tener en cuenta el calor liberado durante la cristalización de paracetamol a lo largo de las 4,3 horas, para conocer la refrigeración necesaria en el cristalizador. Se conoce bibliográficamente que el calor de cristalización del acetaminofén es 21,7 kJ/mol. Mediante el mismo código de Matlab se obtiene el calor generado por unidad de tiempo, así como el calor generado acumulado, mostrados en las Figuras 38 y 39.



*Figura 38 Calor generado por unidad de tiempo en el cristalizador C-801*

Como se puede observar en la Figura 39, el calor generado por unidad de tiempo sigue, de forma lógica, la misma tendencia que la generación de cristales de paracetamol.

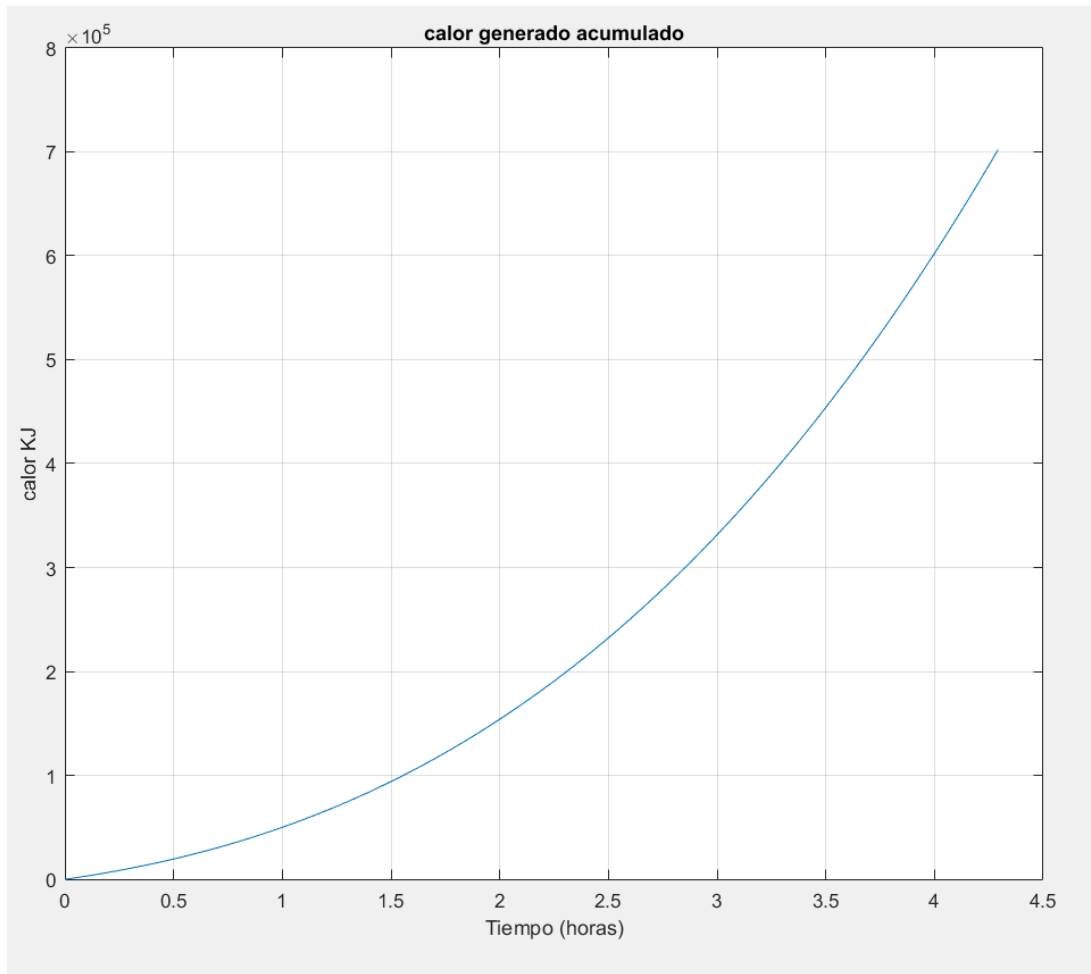


Figura 39 Calor generado acumulado en el C-801

El calor total generado tras la finalización de la reacción es de  $7,021 \cdot 10^5$  kJ.

En este caso se debe diseñar un equipo de refrigeración para mantener la mezcla en 30°C para permitir la saturación y precipitación del paracetamol. Tras realizar los cálculos necesarios empleando el código de Matlab adjunto, se obtiene el caudal de refrigerante y el área necesaria para el intercambio de calor. Se empleará un serpentín, por donde circula agua. El caudal de agua refrigerante se calcula empleando la Ecuación 14.

$$\frac{dq}{dt} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [\text{Ecuación 14}]$$

Donde los términos que intervienen son:

- $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.
- $m$ : caudal de agua de refrigeración.
- $C_p$ : Calor específico del agua =  $C_p \ 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

## Anexo II. Cálculos justificativos

–  $\Delta T$ : Aumento de temperatura del agua de refrigeración

○  $T_{\text{entrada agua}} = 25^{\circ}\text{C}$

○  $T_{\text{salida agua}} = 29^{\circ}\text{C}$

Y, por otra parte, se tiene la ecuación 15:

$$\frac{dq}{dt} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ML} \quad [\text{Ecuación 15}]$$

Donde:

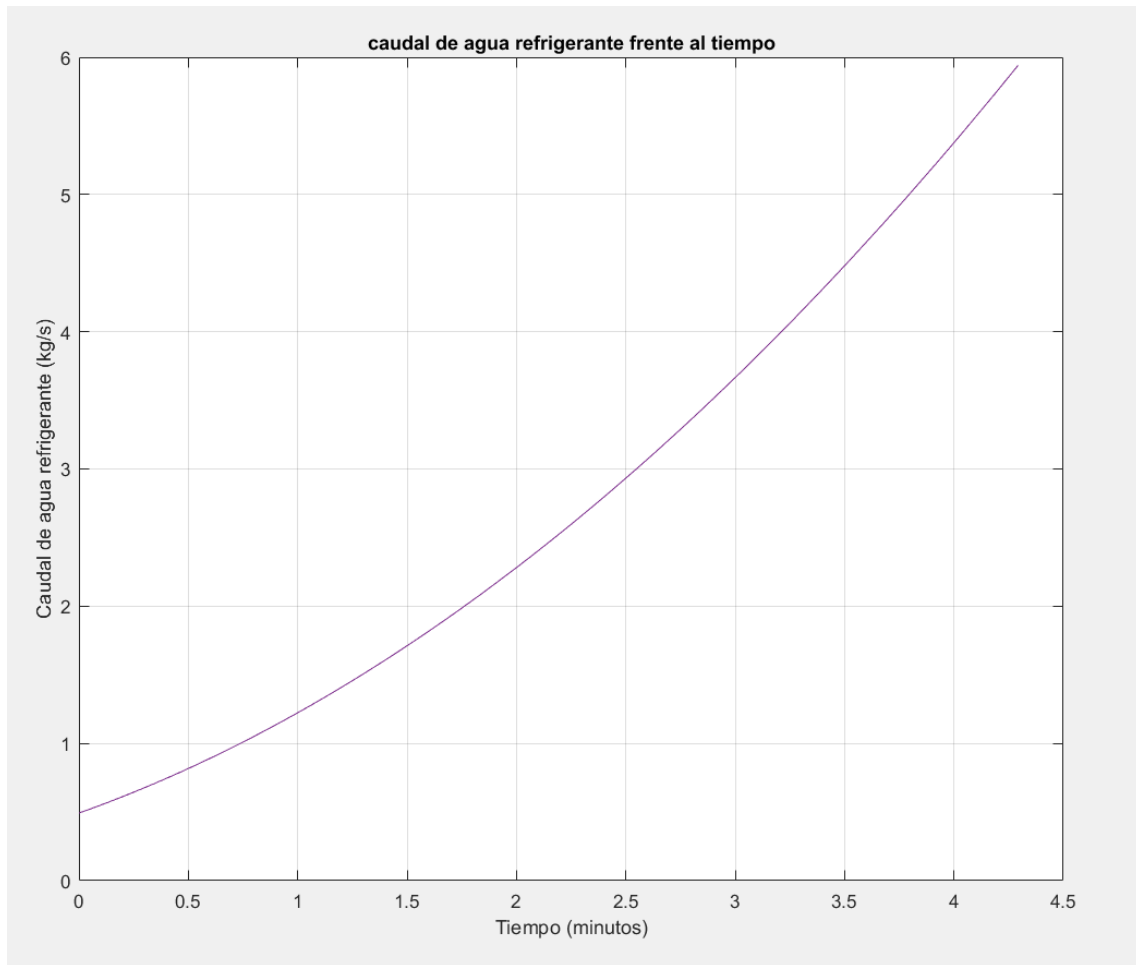
–  $\frac{dq}{dt}$ : calor generado en la reacción de hidrogenación.

–  $U$ : Coeficiente global de transmisión de calor =  $1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

–  $A$ : Área de intercambio de calor

–  $\Delta T_{ML}$ : Diferencia de temperatura media logarítmica del agua de refrigeración.

El caudal de agua necesario y el área de intercambio de calor para la refrigeración del cristalizador C-701 se muestran en las Figuras 40 y 41.



*Figura 40 Caudal de agua de refrigeración necesario en el C-801*

El caudal de agua necesario es mayor al final de la cristalización, puesto que la masa de sólidos generada aumenta exponencialmente con el tiempo.

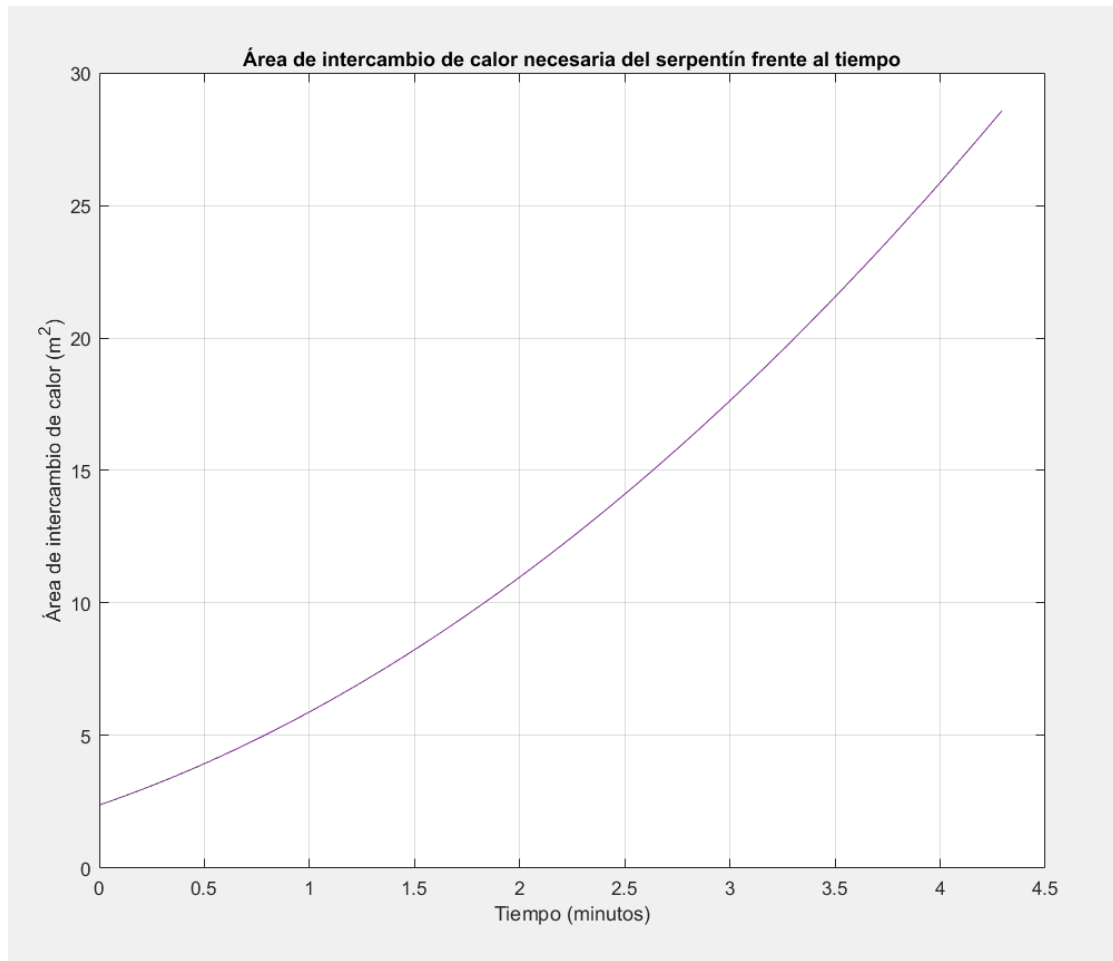


Figura 41 Área de intercambio de calor del serpentín en el C-801

El área seleccionada para el diseño del serpentín será la mayor área necesaria, que se da en el caso de mayor generación de calor por unidad de tiempo, y es de 28,5 m².

Para conocer la velocidad del refrigerante en el serpentín se debe conocer se emplea la ecuación 17.

$$v = \frac{Q_{agua}}{A_{transversal}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad [Ecuación 17]$$

Donde:

- $v$ : velocidad del agua (m/s)
- $Q_{agua}$ : Caudal volumétrico de refrigerante  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$
- $A_{transversal}$ : Área de paso del serpentín (m²)

Para poder calcular el área de paso es necesario definir previamente el diámetro de la conducción. Se sabe que es el diámetro del tanque entre 30, pero se debe encontrar entre los 6 cm y los 12 cm de diámetro.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para una relación 1:1 entre la altura de líquido y el diámetro del tanque, para un tanque cilíndrico de 14 m<sup>3</sup> se tiene:

$$H_{\text{líquido}} = D_{\text{reactor}} \quad [\text{Ecuación 20}]$$

$$V_{\text{líquido}} = \pi \cdot H_{\text{líquido}} \cdot \frac{D_{\text{reactor}}^2}{4} \quad [\text{Ecuación 21}]$$

Combinando ambas ecuaciones y realizando una aproximación, se obtiene:

$$H_{\text{líquido}} = D_{\text{reactor}} = 2,6 \text{ m}$$

Por tanto, el diámetro mínimo recomendable para el serpentín es de 2,6m/30, o lo que es lo mismo, 0,087m. Como se encuentra dentro del rango aceptable para un tanque agitado, se buscará el diámetro de una conducción nominal más próximo. Se selecciona la conducción de diámetro nominal 90 de acero Schedule 40. Se dispone de un diámetro interno de 0,0901 m y un espesor de 0,00574 m. Con estos datos se puede proceder al cálculo del área transversal de paso, y comprobar la velocidad del fluido refrigerante.

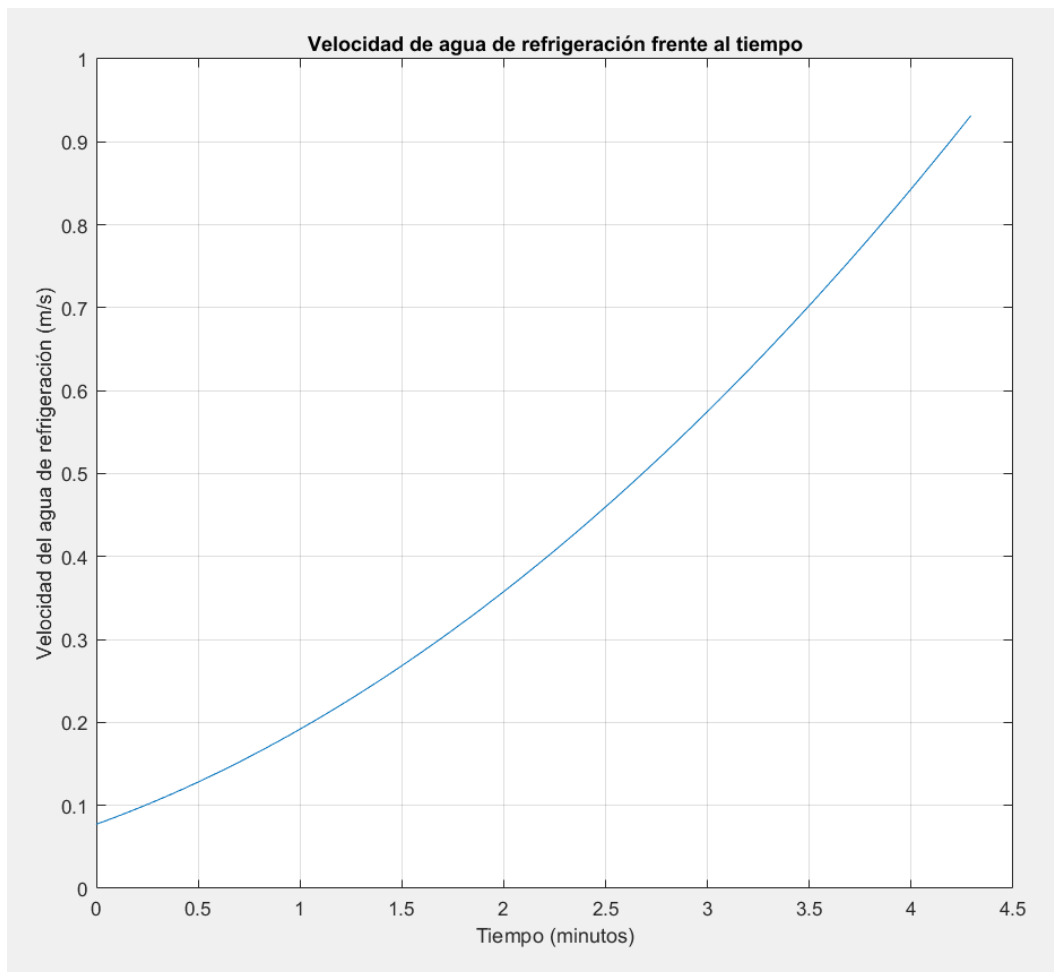


Figura 42 velocidad del agua de refrigeración en el serpentín del C-801

## Anexo II. Cálculos justificativos

La velocidad máxima del refrigerante, que se necesita al final de la cristalización es de 0,93 m/s

Para el diseño del serpentín se debe conocer la longitud de este, mediante la ecuación 19.

$$L = \frac{A_{intercambio}}{\pi \cdot (d_e)} = \frac{28,5 \text{ m}^2}{\pi \cdot (0,0901 + 2 \cdot 0,00574)m} = 89 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 19}]$$

Y para conocer el radio de la hélice del serpentín se parte del radio del cristalizador, ya calculado.

Conocido el diámetro del tanque, se puede conocer el diámetro de la hélice del serpentín.

$$D_{hélice} = 0,9 \cdot D_{reactor} = 0,9 \cdot 2,6m = 2,3 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 22}]$$

Por lo que el número de vueltas necesarias es:

$$vueltas = \frac{L}{\pi \cdot D_{hélice}} = 12 \text{ vueltas} \quad [\text{Ecuación 23}]$$

Y se sabe que el espaciado entre cada vuelta suelen ser el diámetro del serpentín, por lo que la altura total del serpentín es de 2,21 metros.

El volumen que ocupa el serpentín en el reactor es:

$$V_{serpentín} = L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 = 89 \text{ m} \cdot \frac{\pi}{4} (0,0901 + 2 \cdot 0,00574)^2 \text{ m}^2 = 0,72 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, ahora se puede conocer que la altura final del tanque con el volumen total, manteniendo el mismo diámetro obtenido en el cálculo previo, de 2,25 metros.

$$H_{reactor} = \frac{V_{reactor}}{\pi \cdot \frac{D_{reactor}^2}{4}} = \frac{14,72 \text{ m}^3}{\pi \cdot \frac{(2,6 \text{ m})^2}{4}} = 2,8 \text{ m} \quad [\text{Ecuación 25}]$$

### 6.2.1 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico, se empleará el código ASME para un recipiente a presión. En este caso se trata de un recipiente cilíndrico de 1:1, con dos cabezales, uno superior y otro inferior.

Para el diseño del cuerpo del reactor se debe tener en cuenta la presión de diseño, que será la presión atmosférica, así como la temperatura de diseño (30°C). El margen de diseño para la presión es normalmente el 10% de la presión de operación máxima, y la temperatura máxima de diseño es la temperatura de operación más alta esperada más 50°F.

Como en los diseños anteriores se debe tener en cuenta tanto la tensión radial y el esfuerzo longitudinal.



$$\text{Tensión radial: } t = \frac{P_i \cdot D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [\text{Ecuación 26}]$$

$$\text{Esfuerzo longitudinal: } t = \frac{P_i \cdot D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [\text{Ecuación 27}]$$

Donde:

- $t$ : espesor mínimo requerido.
- $P_i$ : Presión interna =  $(1 \cdot 1,1) \text{ atm} = 1,1 \text{ atm}$ .
- $D_i$ : Diámetro interno =  $2,6 \text{ m}$
- $S$ : máximo esfuerzo permitido.
- $E$ : eficacia de la unión soldada.

Para la temperatura máxima de diseño, que es la temperatura máxima de operación ( $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$ ) aumentada en  $50^\circ\text{F}$  ( $136^\circ\text{F}$ ), el valor de  $S$  se obtiene de la Figura 19 y es de  $18,875 \text{ ksi}$  ( $1299,7 \text{ atm}$ )

En el caso del factor de soldadura se supondrá que se realiza una soldadura a tope, o equivalente, con un grado de examinación por radiografía intermedio:  $E = 0,85$

$$\text{Tensión radial: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,6 \text{ m}}{2 \cdot 1299,7 \text{ atm} \cdot 0,85 - 1,2 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,0013 \text{ m}$$

$$\text{Esf. longitudinal: } t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,6 \text{ m}}{4 \cdot 1299,7 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,8 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,00065 \text{ m}$$

Como en ninguno de los casos se llega al mínimo espesor necesario, se debe escoger un valor de  $t=1,5 \text{ mm}$ . Teniendo en cuenta que la mezcla no es corrosiva, se añade un sobreespesor de  $2 \text{ mm}$ , por lo que al final el espesor total del cuerpo del tanque es de  $3,5 \text{ mm}$ .

A continuación, se diseñarán los cabezales. Como en este caso se trabaja a presión atmosférica, se escogerán un cabezal torisférico como cabezal superior, y un cabezal cónico para la zona inferior, con el fin de facilitar la retirada de los cristales de paracetamol.

Para conocer el espesor del cabezal torisférico se emplea la ecuación 41.

$$t = \frac{0,885 \cdot P_i \cdot R_C}{SE - 0,1P_i} \quad [\text{Ecuación 41}]$$

$$t = \frac{0,885 \cdot 1,1 \text{ atm} \cdot 2,6 \text{ m}}{1299,7 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,1 \cdot 1,1 \text{ atm}} = 0,0023 \text{ m}$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

En este caso el espesor del cabezal es de 2,3 mm, y si se añade el sobreespesor teniendo en cuenta la corrosión, se quedaría en 4,3 mm.

Para el cabezal inferior se emplea un cabezal cónico, lo que significa que presenta una reducción gradual de su diámetro desde la sección cilíndrica del equipo. La ecuación que presenta el código ASME para conocer el espesor del cabezal se muestra en la ecuación 45.

$$t = \frac{P_i \cdot D_i}{2 \cos \alpha (SE - 0,6 P_i)} \quad [\text{Ecuación 45}]$$

Donde  $\alpha$  es la mitad del ángulo del ápice (o punto más alto) del cono. Suponiendo un  $\alpha=45^\circ$

$$t = \frac{1,1 \text{ atm} \cdot 2,6 \text{ m}}{2 \cos(45) (1299,7 \text{ atm} \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 1,1 \text{ atm})} = 0,0025 \text{ m}$$

Por lo que el espesor del cabezal debe ser de 2,5 mm, aumentado en otros 2 mm por el sobreespesor por corrosión.

## 7 Bibliografía

Srabovic, Majda, y otros. (2017). *Design synthesis and crystallization of acetaminophen*. (16 de Enero de 2017), Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, Vol. 7, págs. 218-230. ISSN: 2249-1929.

Govind Pangarkar, Vishwas. (2015). *Design of Multiphase Reactors*. Primera Edición. New Jersey : John Wiley & Sons. ISBN: 78-1-118-80756-9.

Perry, Robert H. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*.. Don W. Green. Séptima. New York : McGraw-Hill, 1997. ISBN: 0-07-115448-5.

Towler, Gavin y Sinnott, Ray. (2008). *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Primera Edición. Londres : Butterworth-Heinemann,. ISBN: 978-0-7506-8423-1.

Ullmann, Fritz. (2002). *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. Wolfgang Gerhartz, y otros. s.l. : John Wiley and Sons, 2002. Vol. 8. ISBN: 3-527-20108-4.

Wankat, Phillip C. (2008). *Ingeniería de procesos de separación*. Rubén Fuerte Rivera. Segunda Edición. s.l. : Pearson Education Inc., ISBN: 978-970-26-1281-0.

Weast, R.C. (1987-1988). *Handbook of Chemistry and Physics*. 68. s.l. : Boca Raton, ISBN: 978-0849304682.

## **Anexo III: Análisis de rentabilidad**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	OBJETIVO.....	2
2	FLUJOS DE CAJA .....	3
2.1	Valor actual neto (VAN).....	9
2.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	10
2.3	Período de retorno (Payback).....	11
3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	12
3.1	Variación en el coste de la inversión inicial.....	12
3.2	Variación de los ingresos por ventas anuales .....	13

## **1 OBJETIVO**

Se presenta a continuación un análisis de rentabilidad básico para la planta de producción de paracetamol. Los indicadores más habitualmente empleados para la realización de este tipo de análisis, y los seleccionados en este proyecto, son el período de retorno o payback, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Actual de Retorno (TIR). Se calculará el flujo de caja para los primeros 20 años de operación de la planta. Se incluye además un análisis de sensibilidad para algunas de las variables que más influyen en el resultado.

## 2 FLUJOS DE CAJA

Para la evaluación del VAN y el TIR se tendrán en cuenta los ingresos y los gastos previstos para cada año de operación de la planta. Se supone un período de operación de la planta de 15 años, y un período de amortización de 5, con una tasa de inflación prevista del 1,5%.

El cálculo de los flujos de caja tiene en cuenta los ingresos por ventas, los costes de explotación y la dotación de la amortización anual. Para conocer el beneficio neto se deben descontar los impuestos teniendo en cuenta la amortización, sin embargo, a la hora de calcular el flujo neto de caja se vuelven a sumar.

- Ingresos por ventas: correspondientes al beneficio obtenido por la venta de productos y subproductos.
- Costes de explotación: tiene en cuenta tanto el precio de las materias primas y reactivos, como el de las utilidades empleadas.
- Amortización: corresponde a la depreciación del inmovilizado a causa del paso del tiempo. La amortización anual es calculada mediante el sistema alemán, en el cual la cota anual es fija (amortización constante) como se muestra en la ecuación 1.

$$A = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Período de vida útil}} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

- Beneficio antes de impuestos (BAI): es calculado como la suma de los parámetros anteriormente mencionados, donde los gastos son incorporados con signo negativo y los beneficios en positivo.
- Impuestos: son calculados como un porcentaje del beneficio antes de impuestos.
- Beneficio neto (BN): correspondiente con el BAI menos los gastos derivados del pago de los impuestos.
- Flujo neto de caja: suma de la cuota de amortización al beneficio neto.
- Flujo de caja acumulado: para cada año es la suma del flujo de caja acumulado anterior sumado al flujo neto de caja de cada año. El valor inicial se corresponde con el valor de la inversión inicial.

Tabla 1 Costes de producción anuales

<b>A. Costes variables</b>	
1. Materias primas	10.927.628,93 €
2. Materiales	1.092.762,89 €
3. Catalizador	9.062.564,00 €
5. Envío y embalaje	Despreciable
<b>SUBTOTAL A</b>	<b>21.082.955,83 €</b>
<b>B. Costes fijos</b>	
5. Mantenimiento (0,05· A)	1.054.147,79 €
6. Operarios	1.470.000,00 €
7. Laboratorio (0,2· 6)	294.000,00 €
8. Cargos de capital (0,1· A)	2.108.295,58 €
9. Seguro (0,01· A)	210.829,56 €
<b>SUBTOTAL B</b>	<b>5.137.272,93 €</b>
<b>COSTES DE PRODUCCIÓN (A+B)</b>	<b>26.220.228,76 €</b>

Para el cálculo de los costes de las materias primas y los ingresos por ventas se emplearán los precios recopilados en la Tabla 2 y descritos en la memoria del proyecto, haciendo la conversión a euros cuando sea necesario empleando el valor para el 15 de junio de 2018, donde un euro equivale a 1,16 US\$.

Tabla 2 Precios por tonelada de materias primas principales y productos

<b>Compuesto</b>	<b>Precio (€/t)</b>
Paracetamol	6.896,55
Fenol	1.028,45
Ácido Sulfúrico	68,90



### Anexo III. Análisis de rentabilidad

Ácido nítrico	398,28
Catalizador	11.900.000,0
Hidrógeno	6.034,5
Bisulfito Sódico	296,55
Anhídrido acético	779,21
Etanol	818,94

El precio del catalizador se estima como la compra de 2 veces al año el catalizador necesario para la reacción, teniendo en cuenta que será necesario su reemplazo cuando se desactive.

Para estimar el coste de los operarios se estimará la disponibilidad en planta de 35 personas en plantilla fija con un sueldo bruto medio de 3.000 € mensuales (42.000 € anuales por cada trabajador).

*Tabla 3 Consideraciones para el cálculo de los flujos de caja*

Vida útil de la planta	15
Inversión inicial	12.941.249 €
Capital inicial amortizable	11.253.260 €
Vida útil de los equipos	10
Inflación	2,0 %
Ingresos por ventas anuales	34.482.750 €
Coste ventas anuales	26.220.228,76 €
Impuestos	30 %
Tasa de descuento	6 %

Los flujos de caja para los diferentes años considerados se muestran en la Tabla 4:

### Anexo III. Análisis de rentabilidad

Tabla 4 Flujos de caja anuales

AÑO	0	1	2
Ingresos por ventas		34.482.750,00 €	35.172.405,00 €
Costes de operación		26.220.228,76 €	26.744.633,34 €
Amortización		1.125.326,00 €	1.125.326,00 €
BAI		6.360.720,30 €	6.559.330,23 €
Impuestos		1.908.216,09 €	1.967.799,07 €
BN		4.452.504,21 €	4.591.531,16 €
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-12.941.249,00 €</b>	5.577.830,21 €	5.716.857,16 €
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	<b>-12.941.249,00 €</b>	- 7.679.145,03 €	- 2.591.162,50 €
AÑO	3	4	5
Ingresos por ventas	35.875.853,10 €	36.593.370,16 €	37.325.237,57 €
Costes de operación	27.279.526,00 €	27.825.116,52 €	28.381.618,85 €
Amortización	1.125.326,00 €	1.125.326,00 €	1.125.326,00 €
BAI	6.763.246,75 €	6.972.656,03 €	7.187.752,82 €
Impuestos	2.028.974,02 €	2.091.796,81 €	2.156.325,85 €
BN	4.734.272,72 €	4.880.859,22 €	5.031.426,97 €
<b>FLUJO DE CAJA</b>	5.859.598,72 €	6.006.185,22 €	6.156.752,97 €
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	2.328.669,57 €	7.086.130,83 €	11.686.814,81 €

Anexo III. Análisis de rentabilidad

<b>AÑO</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Ingresos por ventas	38.071.742,32 €	38.833.177,16 €	39.609.840,71 €
Costes de operación	28.949.251,23 €	29.528.236,25 €	30.118.800,98 €
Amortización	1.125.326,00 €	1.125.326,00 €	1.125.326,00 €
BAI	7.408.740,80 €	7.635.833,17 €	7.869.253,09 €
Impuestos	2.222.622,24 €	2.290.749,95 €	2.360.775,93 €
BN	5.186.118,56 €	5.345.083,22 €	5.508.477,17 €
<b>FLUJO DE CAJA</b>	6.311.444,56 €	6.470.409,22 €	6.633.803,17 €
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	16.136.134,18 €	20.439.325,86 €	24.601.456,03 €
<b>AÑO</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Ingresos por ventas	40.402.037,52 €	41.210.078,27 €	42.034.279,84 €
Costes de operación	30.721.177,00 €	31.335.600,54 €	31.962.312,55 €
Amortización	1.125.326,00 €	1.125.326,00 €	0,00 €
BAI	8.109.234,26 €	8.356.021,46 €	9.735.197,20 €
Impuestos	2.432.770,28 €	2.506.806,44 €	2.920.559,16 €
BN	5.676.463,98 €	5.849.215,02 €	6.814.638,04 €
<b>FLUJO DE CAJA</b>	6.801.789,98 €	6.974.541,02 €	6.814.638,04 €
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	28.627.425,07 €	32.521.972,35 €	36.111.838,66 €

Anexo III. Análisis de rentabilidad

AÑO	12	13	14
Ingresos por ventas	42.874.965,43 €	43.732.464,74 €	44.607.114,04 €
Costes de operación	32.601.558,80 €	33.253.589,98 €	33.918.661,78 €
Amortización	0,00 €	0,00 €	0,00 €
BAI	9.996.378,35 €	10.265.172,79 €	10.541.876,17 €
Impuestos	2.998.913,50 €	3.079.551,84 €	3.162.562,85 €
BN	6.997.464,84 €	7.185.620,95 €	7.379.313,32 €
<b>FLUJO DE CAJA</b>	6.997.464,84 €	7.185.620,95 €	7.379.313,32 €
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	39.589.364,31 €	42.958.263,81 €	46.222.141,21 €
AÑO	15		
Ingresos por ventas	45.499.256,32 €		
Costes de operación	34.597.035,01 €		
Amortización	0,00 €		
BAI	10.826.798,66 €		
Impuestos	3.248.039,60 €		
BN	7.578.759,06 €		
<b>FLUJO DE CAJA</b>	7.578.759,06 €		
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	49.384.492,57 €		

## 2.1 Valor actual neto (VAN)

El VAN (Valor Actual Neto) calcula la diferencia entre el precio, lo que cuesta un activo, y su valor, lo que realmente vale, o lo que es lo mismo, la diferencia entre el importe de la inversión inicial y los resultados que ofrece. Cabe resaltar, que el VAN es una medida de rentabilidad en términos absolutos o monetarios fácilmente interpretable.

Para su cálculo se procede de la siguiente forma:

1. Se actualizan los flujos netos de caja trasladándolos al momento en el que se realiza el análisis, empleando para ello la tasa de descuento que se asuma.

2. Se suman los flujos netos de caja actualizados para obtener el valor actual y se resta el flujo inicial (desembolso) para obtener el VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FNC_i}{(1+d)^i} \quad [Ecuación 2]$$

En la ecuación 2  $I_0$  representa la inversión inicial,  $n$  el número de años de funcionamiento previstos para la planta,  $FNC_n$  es cada uno de los flujos de caja para el año  $i$ , y  $d$  la tasa de descuento considerada, fijada en un valor del 6% en este caso.

Evalutando la expresión anterior, el resultado obtenido para el valor actual neto en este proyecto es:

$$VAN = 49.384.492,57 \text{ €}$$

Puesto que el valor del VAN es positivo la instalación presenta ganancias encima de la rentabilidad exigida por la tasa de descuento. Por tanto, se puede afirmar que desde el punto de vista de este indicador financiero el proyecto es rentable.

## 2.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es el tipo de descuento que anula el VAN de una inversión, es decir, que iguala a cero la suma actualizada de todos los flujos de caja de la inversión, deduciendo el desembolso inicial. Es la tasa de interés con la que el VAN se iguala a cero, y por tanto no se producen pérdidas. Cuando la TIR es superior a la tasa de descuento, la instalación es rentable.

Ofrece una medida de la rentabilidad del proyecto en términos relativos cuya principal ventaja es que indica la rentabilidad en los mismos términos que los inversores determinan el coste de sus fondos.

$$I_0 = \sum_{i=1}^n \frac{FNC_i}{(1 + TIR)^i} \quad [Ecuación 3]$$

La nomenclatura empleada en la ecuación 3 es la misma que para la ecuación 2.

Calculando el valor de la TIR para este proyecto se obtiene un valor de:

$$TIR = 45,3 \%$$

Puesto que este valor es superior a la tasa de descuento considerada, el indicador financiero indica que la instalación es rentable.

### 2.3 Período de retorno (Payback)

Por último, el Payback se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial y comienzan a generarse beneficios. El período de retorno se produce cuando el valor actual neto se hace nulo. Sin embargo, no es un criterio empleado para la elección de alternativas, sino para descartar aquellas con un payback más grande. Para la instalación considerada en este proyecto el período de retorno es de 2,5 años.

### 3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad y de riesgo es un estudio que se realiza al presupuesto de un proyecto con el fin de examinar los efectos de las incertidumbres sobre las variables consideradas en dicho proyecto. Permite, mediante la variación de forma individual de los parámetros que afectan a la rentabilidad del proyecto, hacerse una idea del riesgo que conlleva la toma de juicios sobre el valor del pronóstico de proyecto, así como determinar que parámetros tienen una mayor influencia en dicho riesgo.

En este apartado se realizará un análisis de sensibilidad con respecto a dos parámetros principales:

- Precio de venta del producto, que pueden oscilar en función de diferentes parámetros como la demanda, la calidad, etc.
- Coste del inmovilizado: para tener en cuenta las incertidumbres asociadas al cálculo del coste de los equipos y también las asociadas al método de los factores para el cálculo de la inversión total.

De forma general se consideran variaciones en torno al 20%, tanto positiva como negativas.

#### 3.1 Variación en el coste de la inversión inicial.

Se presenta en la tabla 5 los indicadores financieros para una variación estándar del  $\pm 20\%$  en el coste de la inversión inicial, y se considerará excepcionalmente hasta un incremento del 50%, puesto que existen equipos que no se han podido diseñar por el método de las capacidades por no llegar o exceder los límites de capacidad mínimo y máximo correspondientemente.

*Tabla 5 Sensibilidad frente al coste de la inversión inicial*

	-20%	+20%	+50%
<b>VAN</b>	52.683.023,99 €	46.085.961,15 €	41.138.164,02 €
<b>TIR</b>	57,2%	37,3%	29,2 %
<b>Payback</b>	1,95 años	3,1 años	4 años

Observando los resultados obtenidos, se puede afirmar que la rentabilidad de la planta está asegurada incluso aunque el presupuesto aumento en un 50% del valor previsto inicialmente, por lo que se considerará la variación en el coste de la inversión inicial como un parámetro que afecta poco a la rentabilidad de la instalación.



### 3.2 Variación de los ingresos por ventas anuales

Se prevé una variación del  $\pm 20\%$  de los ingresos previstos por las ventas anuales del producto principal de la planta. Es importante considerar esta variación, porque como ya se ha comentado, estará fluctuando de forma constante de acuerdo con las necesidades y la demanda del mercado. En la Tabla 6 se recogen los resultados obtenidos de este análisis de sensibilidad.

*Tabla 6 Sensibilidad frente al precio de venta de los productos*

	-20%	+20%	-10%
<b>VAN</b>	-3.527.790,11	102.296.775,25 €	22.928.351,23 €
<b>TIR</b>	1,8 %	82,7%	26 %
<b>Payback</b>	23 años	1,3 años	4,55 años

En este caso, tras la realización de análisis de sensibilidad, se puede observar como el precio de venta de los productos es un parámetro que afecta en mayor medida a la rentabilidad de la planta. Un descenso de solo un 20% en las ventas provoca que en el tiempo de funcionamiento de la planta no se recupere la inversión inicial. Un descenso algo más moderado, del 10%, en el precio de la venta de los productos, provoca que se aumente el payback hasta los 4,55 años, pero permitiría que la instalación siguiera siendo rentable. Por el contrario, un aumento del precio de la venta provocaría que el período de payback se redujese hasta los 1,3 años.

## **Anexo IV: Códigos empleados**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	HIDROGENACIÓN .....	2
2	ACETILACIÓN .....	6
3	CRISTALIZADORES .....	10

# 1 HIDROGENACIÓN

```
function hidrogenacion
close all
clear all
clc

%Datos conocidos
Temperatura=353; %K
k1=64.484; %(m^3/kg) (m^3/kmol.s)
KA=1.029e4; %(m^3/kmol)
KB=4.321e3; %(m^3/kmol)
w=0.6; %(kg/m^3)
H=3.734e-2; %(kmol/m^3.MPa)
PA=4; %MPa
Vo=30; %m^3
Ao=H*PA; %kmol/m^3 donde A=hidrógeno
Bo=31.976/Vo; %kmol/m^3 donde B=para-nitrofenol,
Co=159.573/Vo; %kmol/m^3 donde C=agua
Do=0; %kmol/m^3 donde D=para-aminofenol
AH=-570; %kJ siendo AH la entalpía de reacción
CpA=471; %kJ/kg.K
CpB=14.1;
CpC=4.187;
CpD=191.19;
PMA=2;
PMB=139.1088;
%se conocen los coeficientes estequiométricos de la reacción de
%hidrogenación
vA=-3;
vB=-1;
vC=2;
vD=1;

%Y se supone que la concentración de hidrógeno no varía en el
tiempo, y el
%volumen total es constante, y se aproxima por el volumen de
disolvente
%empleado
A=Ao; %kmol/m^3
V=Vo; %m^3
Xo=0; %Conversión inicial es cero
qo=0; %inicialmente no se está generando calor
CondInic=[Xo,qo]; %Condiciones iniciales de operación
%Para a resolución se emplean un método numérico, en este caso
Runge Kutta,
%y se definen las tolerancias deseadas
AbsTol=1e-7;%-6 Tolerancia absoluta
RelTol=1e-4;%-3 Tolerancia relativa
options=odeset('RelTol',RelTol,'AbsTol',AbsTol);
Lsup=7200; %Límite superior de integración
tiempo=linspace(0,Lsup,1000); %Vector de salida de los datos
k=0;
function salida=edos2(t,x)
X=x(1);
```

#### Anexo IV. Códigos empleados

```
q=x(2);
B=Bo-vB/vB*Bo*X; %kmol/m^3
r=w*k1*A*B/(1+KA*A+KB*B); %kmol/(m^3*s)
salida(1,1)=r/(-vA*Bo); %balance de materia
salida(2,1)=(Bo*10^3*V)/vB*AH/abs(vB)*salida(1); %balance de
energía kJ

k=k+1; %contador
dq(k,1)=salida(2,1); %dqdt (KJ/s)
dt(k,1)=t; %segundos
    if k>1 & t<=dt(k-1,1)
        k=k-1;
    end
end
[t,y]=ode23tb(@edos2,tiempo,CondInic,options);
X=y(:,1);
q=y(:,2);

t=t/60;%paso a minutos
dt=dt/60; %paso a minutos
A=A*ones(1,length(t)); %kmol/m^3
B=Bo-vB/vB*Bo*X; %kmol/m^3
C=Co-vC/vB*Bo*X; %kmol/m^3
D=Do-vD/vB*Bo*X; %kmol/m^3

a=trapz(dt.*60,dq);%comprobación del calor total acumulado

%Para la refrigeración del reactor
Cpagua=4.184; %kJ/(kg°K)
Tentrada=273+10; %K
Tsalida=273+50; %K
Tmezcla=273+80; %K
AT=Tsalida-Tentrada; %K
U=1700/1000; %kW/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezcla-Tentrada)-(Tmezcla-Tsalida))/log((Tmezcla-
Tentrada)/(Tmezcla-Tsalida));
mrefrigerante=dq./(Cpagua.*AT); %kg/s
Aserpentin=dq./(U*ATML); %m^2
duracionintcalor=dt*60; %paso a segundos
refrigerantetotal=trapz(duracionintcalor,mrefrigerante);
areamaxnecesaria=max(Aserpentin); %m^2

%Diseño del serpentín
roagua=1000; %kg/m^3
Dserpentin=0.1282; %m
Atransversal=pi/4*Dserpentin^2; %Área transversal del serpentín
en m^2
velocidadrefrig=mrefrigerante/roagua/Atransversal; %velocidad
del agua en m^2

QF=(Ao*CpA*V/PMA+Bo*CpB*V/PMB)*(80-25);
```

```
%Se representan los resultados obtenidos en gráficos
concentración tiempo,
%y conversión tiempo.

figure(1);
plot(t,A,'k',t,B,'g',t,D,'r');
legend('A=Hidrógeno','B=para-nitrofenol','D=para-aminofenol');
hold on;
grid on;
title('concentración frente a tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Concentración (kmol/m^3)');

figure(2);
plot(t,q);
hold on;
grid on;
title('calor generado acumulado');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('calor KJ');

figure(3);
plot(dt,dq);
hold on;
grid on;
title('calor generado');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('calor KJ/s');

figure(4);
plot(t,C);
hold on;
grid on;
title('concentración agua frente a tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('concentración agua (kmol/m^3)');

figure(5);
plot(dt,mrefrigerante);
hold on; grid on;
title('caudal de agua refrigerante frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Caudal de agua refrigerante (kg/s)');

figure(6);
plot(dt,Aserpentin);
hold on; grid on;
title('Área de intercambio de calor necesaria del serpentín
frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Área de intercambio de calor (m^2)');

figure(7);
plot(dt,velocidadrefrig);
hold on; grid on;
title('Velocidad de agua de refrigeración frente al tiempo');
```

#### Anexo IV. Códigos empleados

```
xlabel('Tiempo (minutos)');  
ylabel('Velocidad del agua de refrigeración (m/s)');  
  
end
```

## 2 ACETILACIÓN

```
function acetilacion
clear all
clc
close all

%Los componentes de la reacción son:
%A=para-aminofenol
%B=anhidrido acetico
%C=paracetamol
%D=acido acetico

%Y sus respectivos coeficientes estequiométricos
vA=-1;
vB=-1;
vC=1;
vD=1;

%Se conocen las cantidades iniciales de cada componente en el
reactor
NA0=31.97608674; %kmol
NB0=38.37130409; %kmol
NC0=0;
ND0=0;

%Para hacer una estimación del volumen se emplean las densidades
de cada
%componente así como del agua presente en el medio de reacción.

PMA=109.1259; %g/mol
PMB=102.0886; %g/mol
roA=1130; %kg/m^3
roB=1080; %kg/m^3
roagua=1000; %kg/m^3
V0=NA0*PMA/roA+NA0*PMA/2/roagua+NB0*PMB/roB; %m^3
AH=-34; %kJ

%Estimado un volumen de la mezcla se pueden conocer las
concentraciones
%iniciales de cada componente de la mezcla
CA0=NA0/V0;%kmol/m^3
CB0=NB0/V0;%kmol/m^3
CC0=NC0/V0;%kmol/m^3
CD0=ND0/V0;%kmol/m^3

CPA=150; %kJ/(kmol*K)
CPB=168.2;

%Para la resolución se emplean un método numérico, en este caso
Runge Kutta,
%y se definen las tolerancias deseadas
AbsTol=1e-7;%-6 Tolerancia absoluta
RelTol=1e-4;%-3 Tolerancia relativa
```



#### Anexo IV. Códigos empleados

```
options=odeset('RelTol',RelTol,'AbsTol',AbsTol);
X0=0;
q0=0;
CondInicial=[X0,q0]; %La condicion inicial es que a tiempo cero,
al conversión es nula
Lsup=3600; %Límite superior de integración
tiempo=linspace(0,Lsup,5000); %Vector de salida de los datos
k=0;

%la ecuación de velocidad es:
function salida=edos3(t,x)
X=x(1);
q=x(2);
r=0.0011*(CA0-CA0*X)*(CB0-CA0*X);
salida(1,1)=r/CA0;
salida(2,1)=(CA0*10^3*V0)/vA*AH/abs(vA)*salida(1); %balance de
energía kJ
k=k+1; %contador
dq(k,1)=salida(2,1); %dqdt (KJ/s)
dt(k,1)=t; %segundos
    if k>1 & t<=dt(k-1,1)
        k=k-1;
    end
end

[t,y]=ode23tb(@edos3,tiempo,CondInicial,options);
X=y(:,1);
q=y(:,2);
t=t/60;%paso a minutos
dt=dt/60; %paso a minutos

CA=CA0-CA0*X; %kmol/m^3
CB=CB0-vB/vA*CA0*X; %kmol/m^3
CC=CC0-vC/vA*CA0*X; %kmol/m^3
CD=CD0-vD/vA*CA0*X; %kmol/m^3

NA=CA*V0;
NB=CB*V0;
NC=CC*V0;
ND=CD*V0;

%Para la refrigeración del reactor
Cpagua=4.184; %kJ/(kg°K)
Tentrada=273+10; %K
Tsalida=273+50; %K
Tmezcla=273+80; %K
AT=Tsalida-Tentrada; %K
U=1700/1000; %kW/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezcla-Tentrada)-(Tmezcla-Tsalida))/log((Tmezcla-
Tentrada)/(Tmezcla-Tsalida));
mrefrigerante=dq./(Cpagua.*AT); %kg/s
Aserpentin=dq./(U*ATML); %m^2
duracionintcalor=dt*60; %paso a segundos
```

```

refrigerantetotal=trapz(duracionintcalor,mrefrigerante)/roagua
%m^3
areamaxnecesaria=max(Aserpentin); %m^2

%Diseño del serpentín

Dserpentin=0.1282; %m
Atransversal=pi/4*Dserpentin^2; %Área transversal del serpentín
en m^2
velocidadrefrig=mrefrigerante/roagua/Atransversal %velocidad del
agua en m^2


figure(1)
plot(t,X)
title('Conversión frente al tiempo')
hold on; grid on;
xlabel('Tiempo (minutos)')
ylabel('Conversión')


figure(2)
plot(t,CA,'b',t,CB,'r',t,CC,'g',t,CD,'k')
legend('para-aminofenol','anhídrido
acético','paracetamol','ácido acético')
hold on; grid on;
title('concentraciones frente al tiempo')
xlabel('tiempo (minutos)')
ylabel('concentración (kmol/m^3)')


figure(3);
plot(t,q);
hold on;
grid on;
title('calor generado acumulado');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('calor KJ');


figure(4);
plot(dt,dq);
hold on;
grid on;
title('calor generado');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('calor KJ/s');


figure(5);
plot(dt,mrefrigerante);
hold on; grid on;
title('caudal de agua refrigerante frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Caudal de agua refrigerante (kg/s)');


figure(6);
plot(dt,Aserpentin);

```

#### Anexo IV. Códigos empleados

```
hold on; grid on;
title('Área de intercambio de calor necesaria del serpentín
frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Área de intercambio de calor (m^2)');

figure(7);
plot(dt, velocidadrefrig);
hold on; grid on;
title('Velocidad de agua de refrigeración frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Velocidad del agua de refrigeración (m/s)');

end
```

### 3 CRISTALIZADORES

```
function cristalizacionftiempo
clear all
clc

%Los pesos moleculares de los compuestos que intervienen son:
PMpaminofenol=109.1259; %g/mol
PManhidridoacetico=102.0886; %g/mol
PMparacetamol=151.1626; %g/mol
PMacidoacetico=60.052; %g/mol
PMagua=18.01528; %g/mol

%Entrada al cristalizador 2:
Nagua2=101.7033291; %kmol
Npaminofenol2=0.335798; %kmol
Nanhidridoacetico2=7.051762; %kmol
Nparacetamol2=31.6563; %kmol
Nacidoacetico2=31.6563; %kmol
Ntotal2=Nagua2+Npaminofenol2+Nanhidridoacetico2+Nparacetamol2+Nacidoacetico2; %kmol
%Que en masa se corresponde con:
Magua2=Nagua2*PMagua; %kg
Mpaminofenol2=Npaminofenol2*PMpaminofenol; %kg
Manhidridoacetico2=Nanhidridoacetico2*PManhidridoacetico; %kg
Mparacetamol2=Nparacetamol2*PMparacetamol; %kg
Macidoacetico2=Nacidoacetico2*PMacidoacetico; %kg

Vcristalizador2=9; %m^3, como se cristaliza la mezcla que sale
del reactor R-701 se toma el mismo volumen de la mezcla que en
ese caso.

%para conocer la evolución de la cristalización:
ms2=120; %kg de semilla introducida en el cristalizador
G=2e-8; %m/s velocidad de crecimiento de los cristales.
Ls=125e-6; %m, tamaño de los cristales semilla
mt=Mparacetamol2+ms2; %masa de paracetamol final
calorcrist=143.1153; %J/g
mo=ms2; %la masa inicial es la de las semillas
qo=0; %inicialmente no se está generando calor
CondInic=[mo,qo]; %Condiciones iniciales de operación

%Para a resolución se emplean un método numérico, en este caso
Runge Kutta,
%y se definen las tolerancias deseadas
AbsTol=1e-7;%-6 Tolerancia absoluta
RelTol=1e-4;%-3 Tolerancia relativa
options=odeset('RelTol',RelTol,'AbsTol',AbsTol);
Lsup=1.5280e+04; %Límite superior de integración
tiempo=linspace(0,Lsup,100); %Vector de salida de los datos
k=0;
function salida=edos2(t,x)
m=x(1);
q=x(2);
```

#### Anexo IV. Códigos empleados

```
salida(1,1)=3*ms2*G/Ls*(G*t/Ls+1)^2; %balance de materia kg/s
salida(2,1)=salida(1)*calorcris; %balance de energía kJ/s
k=k+1; %contador
dq(k,1)=salida(2,1); %dqdt (KJ/s)
dt(k,1)=t; %segundos
    if k>1 & t<=dt(k-1,1)
        k=k-1;
    end

end

[t,y]=ode23tb(@edos2,tiempo,CondInic,options);
m=y(:,1);
q=y(:,2);

t2=t/3600; %paso a horas
dt=dt/3600; %paso a horas
L2=Ls+G*t; %Tamaño de los cristales de paracetamol finales, m

%Para conocer el intercambio de calor para enfriar la mezcla
desde la
%temperatura de entrada hasta la de cristalización:
Tmezclaent2=80+273.15; %K, temperatura del reactor R-701.
Tmezclasal2=35+273.15; %K, temperatura de cristalización para
conseguir la saturación.

CPagua=75.37; %J/molK
CPparacetamol=280; %J/molK
CPpaminofenol=191.19; %J/molK
CPanhidridoacetico=168; %J/molK
CPacidoacetico=130.8; %J/molK
CPmezcla2=CPagua*Nagua2/Ntotal2+CPpaminofenol*Npaminofenol2/Ntotal2+CPparacetamol*Nparacetamol2/Ntotal2+CPanhidridoacetico*Nanhidridoacetico2/Ntotal2+CPacidoacetico*Nacidoacetico2/Ntotal2;
%J/molK

q2=Ntotal2*CPmezcla2*(Tmezclaent2-Tmezclasal2); %J
trefrigeracion2=60; %s
Q=q2/trefrigeracion2; %J/s
Cpaguaref=4184; %J/(kg°K)
Tentrada=273+25; %K
Tsalida=273+30; %K
U=1400; %W/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezclaent2-Tentrada)-(Tmezclasal2-Tsalida))/log((Tmezclaent2-Tentrada)/(Tmezclasal2-Tsalida));
AT=Tsalida-Tentrada; %K
mrefrigerante=Q/(Cpaguaref*AT); %kg/s
Aserpentinenfriamiento=Q/(U*ATML); %m^2

%y para la refrigeración durante la cristalización:
CPagua=4.184; %kJ/(kg°K)
Tentrada=273+25; %K
Tsalida=273+30; %K
Tmezcla=273+35; %K
AT=Tsalida-Tentrada; %K
```

```

U=1400/1000; %kW/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezcla-Tentrada)-(Tmezcla-Tsalida))/log((Tmezcla-
Tentrada)/(Tmezcla-Tsalida));
mrefrigerante=dq./(Cpagua.*AT); %kg/s
Aserpentinrefrigeracion=dq./(U*ATML); %m^2
duracionintcalor=dt*60; %paso a segundos
areamaxnecesaria=max(Aserpentinrefrigeracion); %m^2, puesto que
el área necesaria para la refrigeración durante la
cristalización es mayor que para conseguir la saturación.

%Diseño del serpentín

Dserpentin=0.0779; %m
Atransversal=pi/4*Dserpentin^2; %Área transversal del serpentín
en m^2
velocidadrefrig=mrefrigerante/roagua/Atransversal; %velocidad
del agua en m^2

figure(1);
plot(t2,m);
hold on;
grid on;
title('masa de cristales de paracetamol frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('masa (kg)');

figure(2);
plot(t2,q);
hold on;
grid on;
title('calor generado acumulado');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('calor KJ');

figure(3);
plot(dt,dq);
hold on; grid on;
title('calor generado');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('calor KJ/s');

figure(4);
plot(dt,mrefrigerante);
hold on; grid on;
title('caudal de agua refrigerante frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('Caudal de agua refrigerante (kg/s)');

figure(5);
plot(dt,Aserpentinrefrigeracion);
hold on; grid on;
title('Área de intercambio de calor necesaria del serpentín
frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('Área de intercambio de calor (m^2)');

```

```

figure(6);
plot(dt,velocidadrefrig);
hold on; grid on;
title('Velocidad de agua de refrigeración frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('Velocidad del agua de refrigeración (m/s)');

%Para el cristalizador C-801 se repite el mismo procedimiento.
Nagua3=550.122576; %kmol
Nparacetamol3=32.450173; %kmol
Ntotal3=Nagua3+Nparacetamol3; %kmol
Magua3=Nagua3*PMagua; %kg
Mparacetamol3=Nparacetamol3*PMparacetamol; %kg
roagua=1000; %kg/m^3
roparacetamol=1260; %kg/m^3
Vcristalizador3=Magua3/roagua+Mparacetamol3/roparacetamol %m^3,
aproximación del volumen del reactor

%para conocer el tiempo de cristalización del último
cristalizador:
ms3=120; %kg de semilla introducida en el cristalizador
mt3=Mparacetamol3+ms3; %masa de paracetamol final
calorcrist=143.1153; %J/g
mo3=ms3; %la masa inicial es la de las semillas
qo3=0; %inicialmente no se está generando calor
CondInic=[mo3,qo3]; %Condiciones iniciales de operación
Lsup=1.5454e+04; %Límite superior de integración
tiempo=linspace(0,Lsup,100); %Vector de salida de los datos
k=0;
function salida=edos3(t,x)
m=x(1);
q=x(2);

salida(1,1)=3*ms3*G/Ls*(G*t/Ls+1)^2; %balance de materia kg/s
salida(2,1)=salida(1)*calorcrist; %balance de energía kJ/s
k=k+1; %contador
dq(k,1)=salida(2,1); %dqdt (KJ/s)
dt(k,1)=t; %segundos
    if k>1 & t<=dt(k-1,1)
        k=k-1;
    end

end

end
[t,y]=ode23tb(@edos2,tiempo,CondInic,options);
m3=y(:,1);
q3=y(:,2);

t3=t/3600; %paso a horas
dt=dt/3600; %paso a horas
L3=Ls+G*t3; %Tamaño de los cristales de paracetamol finales

```

```

%Para conocer la refrigeración para conseguir la saturación de
la mezcla:
CPmezcla3=CPagua*Nagua3/Ntotal3+CPparacetamol*Nparacetamol3/Ntotal3; %J/molK
Entdisolucionparacetamol=36.03; %kJ/mol

Tmezclaent3=(mt*1000/PMparacetamol)*Entdisolucionparacetamol*1000/(Ntotal3*1000*CPmezcla3)+(35+273.15); %K, temperatura de
entrada al cristalizador C-801
Tmezclasal3=30+273.15; %K, temperatura de cristalización para
conseguir la saturación.

qref3=Ntotal3*CPmezcla3*(Tmezclaent3-Tmezclasal3); %J
trefrigeracion3=120; %s
Q3=qref3/trefrigeracion3; %J/s
Cpaguaref=4184; %J/(kg°K)
Tentrada=273+25; %K
Tsalida=273+30; %K
U=1400; %W/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezclaent3-Tentrada)-(Tmezclasal3-Tsalida))/log((Tmezclaent3-Tentrada)/(Tmezclasal3-Tsalida));
AT=Tsalida-Tentrada; %K
mrefrigerante3=Q/(Cpaguaref*AT); %kg/s
Aserpentin3=Q/(U*ATML); %m^2

%y para la refrigeración durante la cristalización:
Cpagua=4.184; %kJ/(kg°K)
Tentrada=273+25; %K
Tsalida=273+29; %K
Tmezcla=273+30; %K
AT=Tsalida-Tentrada; %K
U=1400/1000; %kW/(m^2°C)
roagua=1000; %kg/m^3
ATML=((Tmezcla-Tentrada)-(Tmezcla-Tsalida))/log((Tmezcla-Tentrada)/(Tmezcla-Tsalida));
mrefrigerante3=dq/(Cpagua.*AT); %kg/s
Aserpentinrefrigeracion3=dq/(U*ATML); %m^2
duracionintcalor=dt*60; %paso a segundos
areamaxnecesaria=max(Aserpentinrefrigeracion3); %m^2, puesto que
el área necesaria para la refrigeración durante la
cristalización es mayor que para conseguir la saturación.

%Diseño del serpentín

Dserpentin=0.0901; %m
Atransversal=pi/4*Dserpentin^2; %Área transversal del serpentín
en m^2
velocidadrefrig3=mrefrigerante3/roagua/Atransversal; %velocidad
del agua en m^2

figure(7);
plot(t3,m3);
hold on;

```



```

grid on;
title('masa de cristales de paracetamol frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('masa (kg)');

figure(8);
plot(t3,q3);
hold on;
grid on;
title('calor generado acumulado');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('calor KJ');

figure(9);
plot(dt,dq);
hold on;
grid on;
title('calor generado');
xlabel('Tiempo (horas)');
ylabel('calor KJ/s');

figure(10);
plot(dt,mrefrigerante3);
hold on; grid on;
title('caudal de agua refrigerante frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Caudal de agua refrigerante (kg/s)');

figure(11);
plot(dt,Aserpentinrefrigeracion3);
hold on; grid on;
title('Área de intercambio de calor necesaria del serpentín  
frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Área de intercambio de calor (m^2)');

figure(12);
plot(dt,velocidadrefrig3);
hold on; grid on;
title('Velocidad de agua de refrigeración frente al tiempo');
xlabel('Tiempo (minutos)');
ylabel('Velocidad del agua de refrigeración (m/s)');

end

```

# Anexo V: Fichas de seguridad

## ÍNDICE

1. Para-aminofenol.  $C_6H_7NO$
2. Orto y Para-Nitrofenol.  $C_6H_5NO_3$
3. Ácido Acético.  $C_2H_4O_2$
4. Etanol.  $C_2H_6O$
5. Anhídrido Acético.  $C_4H_6O_3$
6. Fenol.  $C_6H_6O$
7. Paracetamol.  $C_8H_9NO_2$
8. Hidrógeno.  $H_2$
9. Bisulfito Sódico.  $HNaO_3S$
10. Ácido nítrico.  $HNO_3$
11. Ácido sulfúrico.  $H_2SO_4$
12. Nitrógeno,  $N_2$ .
13. Tetraóxido de dinitrógeno.  $N_2O_4$
14. Catalizador Pt/C.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 13.11.2017

Versión 4.0

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 845129

Denominación p-Aminofenol Msynth@plus

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 123-30-8

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Producción farmacéutica, Producto químico para síntesis  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ([www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com); for USA/Canada [www.emdgroup.com](http://www.emdgroup.com)).

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: [prodsafe@merckgroup.com](mailto:prodsafe@merckgroup.com)

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845129  
Nombre del producto p-Aminofenol Msynth@plus

---

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332

|| Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341

|| Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Riñón, H373

Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400

Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

|| Atención

*Indicaciones de peligro*

|| H302 + H332 Nocivo en caso de ingestión o inhalación.

|| H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

|| H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

|| H373 Puede provocar daños en los órganos (Riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas.

|| H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

*Consejos de prudencia*

|| Prevención

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845129  
Nombre del producto p-Aminofenol Msynth@plus

---

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar guantes de protección.

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

*Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes de protección.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

Contiene: 4-aminophenol

No. Índice 612-128-00-X

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	4-(NH <sub>2</sub> )C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> NO (Hill)
No. Índice	612-128-00-X	
No. CE	204-616-2	
Masa molar	109,13 g/mol	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845129  
Nombre del producto p-Aminofenol Msynth@plus

---

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

4-aminophenol ( $\geq 50\%$ - $\leq 100\%$ )		
--	--	--

123-30-8	*)	
----------	----	--

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Toxicidad aguda, Categoría 4, H332

Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373

Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400

Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Factor-M: 1

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. Tras parada respiratoria: Inmediatamente proceder a respiración instrumental. En su caso, aplicar oxígeno. Llamar inmediatamente al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Consultar a un médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth®plus

---

## 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Reacciones alérgicas, efectos sobre el sistema nervioso central

Para aminas aromáticas en general: Efecto sistémico: Methemoglobinemia con cefaleas, arritmias cardíacas, bajada de tensión, dificultades respiratorias y espasmos.

Síntoma indicativo: cianosis (coloración azulada de la sangre).

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

Riesgo de explosión del polvo.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

El fuego puede provocar emanaciones de:

óxidos de nitrógeno

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## *Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. Seco. Protejido de la luz. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## 7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual

### 8.1 Parámetros de control

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

### 8.2 Controles de la exposición

#### **Medidas de ingeniería**

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad

#### *Protección de las manos*

Sumersión:

Material del guante: Caucho nitrilo

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845129  
Nombre del producto p-Aminofenol Msynth@plus

---

Espesor del guante: 0,11 mm  
Tiempo de penetración: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrilo  
Espesor del guante: 0,11 mm  
Tiempo de penetración: > 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatril® L (Sumerción), KCL 741 Dermatril® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

prendas de protección

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A-(P3)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

Forma	sólido
Color	incoloro
Olor	fenólico
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	No hay información disponible.
Punto de fusión	190 °C
Punto /intervalo de ebullición	284 °C a 1.013 hPa (descomposición)
Punto de inflamación	195 °C
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límites inferior de explosividad	No aplicable
Límite superior de explosividad	No aplicable
Presión de vapor	0,4 hPa a 110 °C
Densidad relativa del vapor	3,77
Densidad	No hay información disponible.
Densidad relativa	No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth®plus

---

Solubilidad en agua	16 g/l a 20 °C
---------------------	-------------------

Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 0,04 (experimentalmente) (Literatura) No es de esperar una bioacumulación.
---------------------------------------	---

Temperatura de auto-inflamación	> 400 °C Método: Temperatura de autoinflamación de sólidos
---------------------------------	---

Temperatura de descomposición	284 °C
-------------------------------	--------

Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
----------------------	--------------------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	> 250 °C
-------------------------	----------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Riesgo de explosión del polvo.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.

### 10.2 Estabilidad química

sensible a la humedad

Sensibilidad a la luz

Sensible al aire.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Oxidantes, Bases, Anhídridos de ácido, Cloruros de ácido, ácidos

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

## 10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 671 mg/kg

US-EPA

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

CL50: > 3,42 mg/l; 4 h ; polvo/niebla

Directrices de ensayo 403 del OECD

#### *Toxicidad cutánea aguda*

DL50 Conejo: > 8.000 mg/kg

US-EPA

#### *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Sin irritación

(IUCLID)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: No irrita los ojos

US-EPA

## *Sensibilización*

Buehler Test Conejillo de indias

Resultado: positivo

Método: Directrices de ensayo 406 del OECD

Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

## *Mutagenicidad en células germinales*

### *Genotoxicidad in vivo*

Ensayo de micronúcleos

Ratón

machos y hembras

Oral

Resultado: positivo

Método: OECD TG 474

### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: OECD TG 471

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## *Efectos CMR*

Mutagenicidad:

Se sospecha que provoca defectos genéticos.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Órganos diana: Riñón

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

## 11.2 Otros datos

Tras absorción:

Efectos sistémicos:

efectos sobre el sistema nervioso central, Cambios en la composición de la sangre

Perjudicial para:

Hígado

Para aminas aromáticas en general: Efecto sistémico: Methemoglobinemia con cefaleas, arritmias cardíacas, bajada de tensión, dificultades respiratorias y espasmos.

Síntoma indicativo: cianosis (coloración azulada de la sangre).

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

El producto debe manejarse con especial cuidado.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

Ensayo dinámico CL50 *Oryzias latipes* (Ciprinodontidae de color rojo-naranja): 0,82 mg/l; 96 h

Controlo analítico: si

Directrices de ensayo 203 del OECD



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845129  
Nombre del producto p-Aminofenol Msynth@plus

---

## *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 0,24 mg/l; 48 h  
(Base de datos ECOTOX)

Ensayo semiestático CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 0,182 mg/l; 48 h

Controlo analítico: si

OECD TG 202

## *Toxicidad para las algas*

Ensayo estático CE50 Pseudokirchneriella subcapitata (Microalga): > 0,253 mg/l; 72 h

Controlo analítico: si

OECD TG 201

## *Toxicidad para las bacterias*

Ensayo estático CE50 lodo activado: 29,9 mg/l; 3 h

Controlo analítico: no

OECD TG 209

## **12.2 Persistencia y degradabilidad**

### *Biodegradabilidad*

6 %; 28 d; aeróbico

OECD TG 301C

No es fácilmente biodegradable.

## **12.3 Potencial de bioacumulación**

### *Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: 0,04

(experimentalmente)

(Literatura) No es de esperar una bioacumulación.

### *Bioacumulación*

Factor de bioconcentración (FBC): 15 - 46

Cyprinus carpio (Carpa) 0,00015 mg/l; 56 d

Directrices de ensayo 305C del OECD

## **12.4 Movilidad en el suelo**

No hay información disponible.

## **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth®plus

---

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Información ecológica complementaria*

A pesar de la dilución, el compuesto produce mezclas tóxicas con el agua.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 2512
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Aminofenoles
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

14.1 Número ONU	UN 2512
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	AMINOPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 2512
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	AMINOPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-A S-A

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

*Disposiciones legales de la CE*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	PELIGROS PARA EL MEDIOAMBIENTE
Alemania	E1
	Cantidad 1: 100 t
	Cantidad 2: 200 t

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1\%$ p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento	6.1C
-------------------------	------

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H302	Nocivo en caso de ingestión.
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos.
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

### Etiquetado

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Atención

#### *Indicaciones de peligro*

H302 + H332 Nocivo en caso de ingestión o inhalación.  
H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.  
H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.  
H373 Puede provocar daños en los órganos (Riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas.  
H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

#### *Consejos de prudencia*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845129
Nombre del producto	p-Aminofenol Msynth@plus

---

## Prevención

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar guantes de protección.

## Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Contiene: 4-aminophenol

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 25.05.2017

Versión 7.2

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 806790

Denominación 2-Nitrofenol para síntesis

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 88-75-5

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Producto químico para síntesis  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ([www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com); for USA/Canada [www.emdgroup.com](http://www.emdgroup.com)).

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: [prodsafe@merckgroup.com](mailto:prodsafe@merckgroup.com)

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

**Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

### *Indicaciones de peligro*

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

### *Consejos de prudencia*

Prevención

P262 Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

### **Etiquetado reducido ( $\leq 125$ ml)**

#### *Indicaciones de peligro*

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

No. CAS 88-75-5

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	2-(NO <sub>2</sub> )C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>3</sub> (Hill)
No. CE	201-857-5	
Masa molar	139,11 g/mol	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

2-nitrophenol ( $\leq 100\%$ )

88-75-5	*)	
---------	----	--

Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), en caso de malestar consultar al médico.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Vértigo, Náusea, intranquilidad, Cansancio, colapso

Para nitrocompuestos aromáticos en general: efecto sistémico: Methemoglobinemia con cefaleas, arritmias, bajada de tensión, dificultades respiratorias y espasmos. Síntomas primarios: cianosis (coloración azulada de la sangre).

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

El fuego puede provocar emanaciones de:

gases nitrosos, óxidos de nitrógeno

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

## 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

## 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir la ropa contaminada. Lavar manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

#### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. Seco. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

### 8.2 Controles de la exposición

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 806790  
Nombre del producto 2-Nitrofenol para síntesis

---

## Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

## Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad

### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

## *Otras medidas de protección*

prendas de protección

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Masa vertida
Color	amarillo
Olor	fenólico
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	No hay información disponible.
Punto de fusión	44 °C a 1.013 hPa Método: Directrices de ensayo 102 del OECD
Punto /intervalo de ebullición	215 - 216 °C a 1.013 hPa

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 806790

Nombre del producto 2-Nitrofenol para síntesis

---

Punto de inflamación 100,5 °C  
a 1.013 hPa

Método: EN 2719

Tasa de evaporación No hay información disponible.

Inflamabilidad (sólido, gas) No hay información disponible.

Límite de explosión, inferior No hay información disponible.

Límite superior de explosividad No hay información disponible.

Presión de vapor 1 hPa  
a 49 °C

0,15 hPa  
a 25 °C

Densidad relativa del vapor No hay información disponible.

Densidad No hay información disponible.

Densidad relativa No hay información disponible.

Solubilidad en agua 2,1 g/l  
a 20 °C

Coeficiente de reparto n-  
octanol/agua log Pow: 1,79  
(experimentalmente)  
No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)

Temperatura de auto-  
inflamación No hay información disponible.

Temperatura de descomposición 280 °C

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

Viscosidad, dinámica	2,755 mPa.s a 40 °C
----------------------	------------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	550 °C
-------------------------	--------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.  
Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.

### 10.2 Estabilidad química

sensible al calor

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Agentes oxidantes fuertes, Ácidos fuertes, soluciones fuerte de hidróxidos alcalinos, hidróxidos alcalinos, Bases, alcalis

Con las siguientes sustancias existe peligro de explosión y/o de formación de gases tóxicos:

Agentes reductores, ácido sulfúrico concentrado, ácido clorosulfónico

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

### 10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 2.830 mg/kg

Síntomas: Náusea

(IUCLID)

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria

#### *Toxicidad cutánea aguda*

DL50 Conejo: > 7.940 mg/kg

(RTECS)

#### *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Sin irritación

Directrices de ensayo 404 del OECD

#### *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: ligera irritación

(IUCLID)

#### *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

#### *Mutagenicidad en células germinales*

##### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: OECD TG 471

#### *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Vértigo, intranquilidad, Cansancio, colapso

Para nitrocompuestos aromáticos en general: efecto sistémico: Methemoglobi- nemia con cefaleas, arritmias, bajada de tensión, dificultades respiratorias y espasmos. Síntomas primarios: cianosis (coloración azulada de la sangre).

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

CL50 Danio rerio (pez zebra): 72,5 mg/l; 96 h

Directrices de ensayo 203 del OECD

#### *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 17 mg/l; 48 h  
(IUCLID)

#### *Toxicidad para las bacterias*

CE50 Photobacterium phosphoreum: 21 mg/l; 5 min  
(IUCLID)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

## 12.2 Persistencia y degradabilidad

### *Biodegradabilidad*

0 %; 28 d; aeróbico

OECD TG 301C

No es fácilmente biodegradable.

## 12.3 Potencial de bioacumulación

### *Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: 1,79

(experimentalmente)

No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Información ecológica complementaria*

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Nitrofenoles
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	NITROPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	NITROPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS	F-A S-A
-----	---------

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Alemania	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

Restricciones profesionales    Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias    no regulado  
que agotan la capa de ozono

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento    no regulado  
Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004  
sobre contaminantes orgánicos persistentes que  
modifica la Directiva 79/117/CEE

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)    Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$  % p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento    6.1C

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H412    Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	806790
Nombre del producto	2-Nitrofenol para síntesis

---

## Etiquetado

### *Indicaciones de peligro*

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 28.07.2017

Versión 7.1

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 106798

Denominación 4-Nitrofenol indicador

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 100-02-7

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Análisis químico  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ([www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com); for USA/Canada [www.emdgroup.com](http://www.emdgroup.com)).

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: [prodsafe@merckgroup.com](mailto:prodsafe@merckgroup.com)

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106798  
Nombre del producto 4-Nitrofenol indicador

---

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332

Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Oral, Riñón, Hígado, H373

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

**Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 + H312 + H332 Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación

H373 Puede provocar daños en los órganos (Riñón, Hígado) tras exposiciones prolongadas o repetidas en caso de ingestión.

*Consejos de prudencia*

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

**Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106798  
Nombre del producto 4-Nitrofenol indicador

---

Contiene: 4-Nitrofenol

No. Índice 609-015-00-2

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	O <sub>2</sub> NC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>3</sub> (Hill)
No. Índice	609-015-00-2	
No. CE	202-811-7	
Masa molar	139,11 g/mol	

### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

4-Nitrofenol (<= 100 % )

100-02-7 \*)

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Toxicidad aguda, Categoría 4, H332

Toxicidad aguda, Categoría 4, H312

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

#### *Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a si mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Consultar a un médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Insuficiencia respiratoria, Dermatitis, Cianosis, Vértigo, Náusea, Vómitos, colapso, Dolor de cabeza, Convulsiones, Cansancio

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Laxantes: Sulfato sódico (1 cuch. sop./ 1/4 l de agua).

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

#### *Medios de extinción apropiados*

Agua, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Espuma, Polvo seco

#### *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

El fuego puede provocar emanaciones de:  
óxidos de nitrógeno

## 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

## *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla.

## *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

## **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. Seco. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona unicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## **7.3 Usos específicos finales**

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

### **8.2 Controles de la exposición**

#### **Medidas de ingeniería**

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106798  
Nombre del producto 4-Nitrofenol indicador

---

## *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad

## *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante: Caucho nitrílo  
Espesor del guante: 0,11 mm  
tiempo de penetración: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrílo  
Espesor del guante: 0,11 mm  
tiempo de penetración: > 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatril® L (Sumerción), KCL 741 Dermatril® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

prendas de protección

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro 89 B/St

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

---

## SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	sólido
Color	amarillo
Olor	característico
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	4,4 a 5 g/l 24 °C
Punto/intervalo de fusión	110 - 114 °C
Punto /intervalo de ebullición	279 °C a 1.013 hPa (descomposición)
Punto de inflamación	169 °C
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	No hay información disponible.
Límite superior de explosividad	No hay información disponible.
Presión de vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador
Densidad	1,48 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	14,8 g/l a 25 °C
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 1,95 OECD TG 117 No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	> 280 °C
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	510 °C
Densidad aparente	aprox.550 kg/m <sup>3</sup>

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Comburente

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

Válido en general para sustancias y mezclas orgánicas combustibles: en caso de esparcimiento fino, en estado arremolinado, debe contarse en general con peligro de explosión.

## 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

## 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

Agentes reductores, ácido sulfúrico concentrado

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Álcalis, hidróxidos alcalinos

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Fuerte calefacción (descomposición).

## 10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

Síntomas: Náusea, Vómitos, Irritaciones de las mucosas en la boca, garganta, esófago y tracto estomago-intestinal.

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

CL50 Rata: 4,7 mg/l; 4 h ; polvo/niebla

(Ficha de datos de Seguridad externa)

Síntomas: Irritaciones en las vías respiratorias.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

## *Toxicidad cutánea aguda*

DL50 Rata: 1.024 mg/kg

(RTECS)

## *Irritación de la piel*

Dermatitis

## *Irritación ocular*

Consecuencias posibles: ligera irritación

## *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

## *Mutagenicidad en células germinales*

### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Escherichia coli/Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Vía de exposición: Ingestión

Órganos diana: Riñón, Hígado

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

## 11.2 Otros datos

Tras absorción:

Tras tiempo de latencia:

Dolor de cabeza, Cansancio, Vértigo, Náusea, Vómitos, Metahemoglobinemia, Cianosis, descenso de la tensión sanguínea, colapso, Insuficiencia respiratoria, Irregularidades cardíacas, Convulsiones

Perjudicial para:

Riñón, Hígado

Se potencia su efecto por: etanol

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

*Toxicidad para los peces*

CL50 Danio rerio (pez zebra): 10,4 mg/l; 96 h

Directrices de ensayo 203 del OECD

*Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

CE50 Tetrahymen pyriformis: 5,5 mg/l; 24 h

(IUCLID)

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 9,8 mg/l; 24 h

OECD TG 202

*Toxicidad para las algas*

CE50 Desmodesmus subspicatus (alga verde): 23,7 mg/l; 96 h

*Toxicidad para las bacterias*

EC5 Pseudomonas putida: 0,9 mg/l; 16 h

(IUCLID)

### 12.2 Persistencia y degradabilidad

*Biodegradabilidad*

97 %; 14 d

OECD TG 301A

Fácilmente biodegradable.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

> 70 %; 28 d

OECD TG 302B

Fácilmente eliminable.

## 12.3 Potencial de bioacumulación

*Coeficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: 1,95

OECD TG 117

No es de esperar una bioacumulación.

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

## 12.6 Otros efectos adversos

*Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

Fungicida

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Nitrofenoles
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	NITROPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1663
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	NITROPHENOLS
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-A S-A

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Alemania	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento	6.1C
-------------------------	------

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H302	Nocivo en caso de ingestión.
H312	Nocivo en contacto con la piel.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas en caso de ingestión.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

## Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

## Etiquetado

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 + H312 + H332 Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación

H373 Puede provocar daños en los órganos (Riñón, Hígado) tras exposiciones prolongadas o repetidas en caso de ingestión.

*Consejos de prudencia*

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Contiene: 4-Nitrofenol

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	106798
Nombre del producto	4-Nitrofenol indicador

---

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 05.06.2017

Version 23.6

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	100063
Denominación	Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur
Número de registro REACH	01-2119475328-30-XXXX
No. CAS	64-19-7

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico, Producción química En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.
--------------------	---

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

#### 1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

100063

Nombre del producto

Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H226 Líquidos y vapores inflamables.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

100063

Nombre del producto

Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Contiene: Ácido acético

No. Índice 607-002-00-6

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	CH <sub>3</sub> COOH	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (Hill)
No. Índice	607-002-00-6	
No. CE	200-580-7	
Masa molar	60,05 g/mol	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS Número de registro Clasificación

Ácido acético (<= 100 %)

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) n.º. 1907/2006, anexo XIII.*

64-19-7 01-2119475328-30-

XXXX

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!).

Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación y corrosión, bronquitis, Insuficiencia respiratoria, espasmos estomacales, Náusea,

Vómitos, Colapso circulatorio, choc

Riesgo de turbidez en la córnea.

¡Riesgo de ceguera!

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Agua, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Espuma, Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

El fuego puede provocar emanaciones de:

vapores de ácido acético

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo solo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

## 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

## 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemisorb® H<sup>+</sup> (art.

Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

## 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

*Indicaciones para la protección contra incendio y explosión*

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

*Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

*Condiciones de almacenamiento*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Conservar el envase hermeticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## 7.3 Usos específicos finales

Víase el escenario de exposición en el anexo de esta FDS.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

### Ácido acético (64-19-7)

EU ELV	Límite máximo	10 ppm
	permisible de exposición	25 mg/m <sup>3</sup>
	promedio ponderado en tiempo	
VLA (ES)	Valor Límite Ambiental-	15 ppm
	Exposición de Corta	37 mg/m <sup>3</sup>
	Duración (VLA-EC)	
	Valor Límite Ambiental-	10 ppm
	Exposición Diaria (VLA-	25 mg/m <sup>3</sup>
	ED)	

### Nivel sin efecto derivado (DNEL)

DNEL trabajador, agudo	Efectos locales	inhalativo	25 mg/m <sup>3</sup>
DNEL trabajador, crónico	Efectos locales	inhalativo	25 mg/m <sup>3</sup>
DNEL consumidor, agudo	Efectos locales	inhalativo	25 mg/m <sup>3</sup>
DNEL consumidor, prolongado	Efectos locales	inhalativo	25 mg/m <sup>3</sup>

### Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

### Concentración prevista sin efecto (PNEC)

PNEC Agua dulce	3,058 mg/l
PNEC Sedimento de agua dulce	11,36 mg/kg
PNEC Agua de mar	0,3058 mg/l
PNEC Sedimento marino	1,136 mg/kg
PNEC Liberación periódica al agua	30,58 mg/l

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

PNEC sistema de depuración de aguas residuales 85 mg/l

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

#### *Protección de las manos*

Sumergir:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Latex natural
Espesor del guante:	0,6 mm
tiempo de penetración:	> 30 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumergir), KCL 706 Lapren® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro E-(P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

Riesgo de explosión.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Líquido
Color	incoloro
Olor	picante
Umbral olfativo	0,2 - 100,1 ppm
pH	2,5 a 50 g/l 20 °C
Punto de fusión	17 °C

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100063
Nombre del producto	Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Punto /intervalo de ebullición	116 - 118 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	39 °C Método: c.c.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No aplicable
Límite de explosión, inferior	4 %(v)
Límite superior de explosividad	19,9 %(v)
Presión de vapor	15,4 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	2,07
Densidad	1,05 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	602,9 g/l a 25 °C
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0,17 (25 °C) (experimentalmente) (ECHA) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	Destilable sin descomposición a presión normal.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100063
Nombre del producto	Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Viscosidad, dinámica	1,22 mPa.s a 20 °C
----------------------	-----------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	485 °C
-------------------------	--------

Viscosidad, cinemática	1,17 mm <sup>2</sup> /s a 20 °C
------------------------	------------------------------------

Corrosión	Puede ser corrosivo para los metales.
-----------	---------------------------------------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

peróxidos, ácido perclórico, oleum/ácido sulfúrico, haluros de fósforo, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, cromo(VI)óxido, permanganato de potasio, Peróxidos, Agentes oxidantes fuertes

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Metales, Hierro, Cinc, magnesio, Acero dulce

Puede formarse:

Hidrógeno

Posibles reacciones violentas con:

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

soluciones fuerte de hidróxidos alcalinos, anhídridos, Aldehídos, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina, Acetaldehído, Alcoholes, halogenuros de halógeno, ácido clorosulfónico, ácido cromosulfúrico, Hidróxido de potasio, Ácido nítrico

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Temperaturas < 17 °C.

Calentar.

## 10.5 Materiales incompatibles

metales diversos

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 3.310 mg/kg

(RTECS)

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago., Náusea, Vómitos, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito.

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

LCLO Rata: 39,95 mg/l; 4 h

(RTECS)

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias, Pulmonía, bronquitis, Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio., Los síntomas pueden retrasarse.

#### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

## *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Provoca quemaduras.

(IUCLID)

Provoca quemaduras graves.

## *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: Provoca quemaduras.

(IUCLID)

Provoca lesiones oculares graves.

¡Riesgo de ceguera!

Riesgo de turbidez en la córnea.

## *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

## *Mutagenicidad en células germinales*

### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: Directrices de ensayo 471 del OECD

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.

Resultado: negativo

Método: OECD TG 473

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

No mostramos efectos teratogénicos en experimentos con animales. (IUCLID)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Insuficiencia respiratoria, espasmos estomacales, choc, Colapso circulatorio, acidosis

Consecuencias posibles:

Perjudicial para:

Ripón

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

Ensayo semiestático CL50 *Oncorhynchus mykiss* (Trucha irisada): > 300,8 mg/l; 96 h

Directrices de ensayo 203 del OECD

#### *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

EC5 *E. sulcatum*: 78 mg/l; 72 h

neutro (concentración tóxica límite) (Literatura)

CE50 *Daphnia magna* (Pulga de mar grande): 47 mg/l; 24 h

(Literatura)

#### *Toxicidad para las algas*

IC5 *Scenedesmus quadricauda* (alga verde): 4.000 mg/l; 16 h

(concentración tóxica límite) (Literatura)

#### *Toxicidad para las bacterias*

EC5 *Pseudomonas putida*: 2.850 mg/l; 16 h

neutro (concentración tóxica límite) (Literatura)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

microtox test CE50 Photobacterium phosphoreum: 11 mg/l; 15 min  
(IUCLID)

## 12.2 Persistencia y degradabilidad

### *Biodegradabilidad*

99 %; 30 d

OECD TG 301D

(HSDB)

Fácilmente biodegradable.

95 %; 5 d

OECD TG 302B

Se elimina fácilmente del agua

### *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

880 mg/g (5 d)

(Literatura)

### *Ratio BOD/ThBOD*

DBO5 76 %

(IUCLID)

## 12.3 Potencial de bioacumulación

### *Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: -0,17 (25 °C)

(experimentalmente)

(ECHA) No es de esperar una bioacumulación.

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) n.º. 1907/2006, anexo XIII.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

Efecto perjudicial por desviación del pH. Corrosivo incluso en forma diluida.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 2789

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

Acido acético glacial

Unidas

14.3 Clase 8 (3)

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares para los usuarios si

Código de restricciones en toneles D/E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

**14.1 Número ONU** UN 2789  
**14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas** ACETIC ACID, GLACIAL  
**14.3 Clase** 8 (3)  
**14.4 Grupo de embalaje** II  
**14.5 Peligrosas ambientalmente** --  
**14.6 Precauciones particulares para los usuarios** no

## Transporte marítimo (IMDG)

**14.1 Número ONU** UN 2789  
**14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas** ACETIC ACID, GLACIAL  
**14.3 Clase** 8 (3)  
**14.4 Grupo de embalaje** II  
**14.5 Peligrosas ambientalmente** --  
**14.6 Precauciones particulares para los usuarios** si

EmS F-E S-C

**14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC**  
No relevante

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

**15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de SEVESO III  
Accidente Importante LNQUIDOS INFLAMABLES  
Aleman P5c  
Cantidad 1: 5.000 t  
Cantidad 2: 50.000 t

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1\%$  p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## Legislación nacional

Clase de almacenamiento 3

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H226	Líquidos y vapores inflamables.
H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

100063

Nombre del producto

Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

## Etiquetado

### *Pictogramas de peligro*



### *Palabra de advertencia*

Peligro

### *Indicaciones de peligro*

H226 Líquidos y vapores inflamables.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

#### Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Contiene: Ácido acético

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

---

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial (Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU 9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC1* Fabricación de sustancias
- ERC2* Formulación de preparados
- ERC4* Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

de artículos

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido altamente volátil

#### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso 5 días / semana

Frecuencia de uso 8 horas / día

#### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Al Interior

#### Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

#### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC2, PROC3, PROC4, PROC5, PROC8a, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC15

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido altamente volátil



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063  
Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

uso)

## Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso 5 días / semana  
Frecuencia de uso 8 horas / día

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Zona interior con aspiración local (LEV)

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14 (3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	PROC1	larga duración, inhalatorio, local	0,001	ECETOC TRA

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

2.2	PROC2	larga duración, inhalatorio, local	0,1	ECETOC TRA
2.2	PROC3	larga duración, inhalatorio, local	0,25	ECETOC TRA
2.2	PROC4	larga duración, inhalatorio, local	0,2	ECETOC TRA
2.2	PROC5	larga duración, inhalatorio, local	0,5	ECETOC TRA
2.2	PROC8a	larga duración, inhalatorio, local	0,5	ECETOC TRA
2.2	PROC8b	larga duración, inhalatorio, local	0,15	ECETOC TRA
2.2	PROC9	larga duración, inhalatorio, local	0,5	ECETOC TRA
2.2	PROC10	larga duración, inhalatorio, local	0,5	ECETOC TRA
2.2	PROC15	larga duración, inhalatorio, local	0,1	ECETOC TRA

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

### 1. Uso profesional Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ambito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido altamente volátil

#### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso 5 días / semana

Frecuencia de uso 8 horas / día

#### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Zona interior con aspiración local (LEV)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14 (3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	PROC15	larga duración, inhalatorio, local	0,2	ECETOC TRA

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100063

Nombre del producto Ácido acético (glacial) 100% anhidro p.a. EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

---

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 21.08.2017

Versión 21.9

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 818760

Denominación Etanol absoluto EMPLURA®

Número de registro REACH 01-2119457610-43-XXXX 01-2119457610-43-XXXX

No. CAS 64-17-5

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Producción química, Producto químico para síntesis  
En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Líquido inflamable, Categoría 2, H225

Irritación ocular, Categoría 2, H319

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

818760

Nombre del producto

Etanol absoluto EMPLURA®

## 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H319 Provoca irritación ocular grave.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

Intervención

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

Almacenamiento

P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Consejos de prudencia*

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

ignición. No fumar.

*No. Índice* 603-002-00-5

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (Hill)
No. Índice	603-002-00-5	
No. CE	200-578-6	
Masa molar	46,07 g/mol	

### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

Etanol (<= 100 % )

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento ( CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.*

64-17-5	01-2119457610-43-	
	XXXX 01-	Líquido inflamable, Categoría 2, H225
	2119457610-43-XXXX	Irritación ocular, Categoría 2, H319

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

## 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, parálisis respiratoria, Vértigo, narcosis, borrachera, euforia, Náusea, Vómitos

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Espuma, Polvo seco, Agua

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Prestar atención al retorno de la llama.

Son posibles mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

*Otros datos*

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con materiales absorbentes, p. ej. con Chemizorb®. Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

*Indicaciones para la protección contra incendio y explosión*

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

*Medidas de higiene*

Sustituir la ropa contaminada. Lavar manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

---

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en [www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

## *Condiciones de almacenamiento*

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## **7.3 Usos específicos finales**

Véase el escenario de exposición en el anexo de ésta FDS.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

### Etanol (64-17-5)

VLA (ES)	Valor Límite Ambiental-	1.000 ppm	
	Exposición de Corta	1.910 mg/m3	
	Duración (VLA-EC)		

## Nivel sin efecto derivado (DNEL)

DNEL trabajador, agudo	Efectos locales	inhalativo	1900 mg/m3
DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	dérmica	343 mg/kg Peso corporal
DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	inhalativo	950 mg/m3
DNEL consumidor, agudo	Efectos locales	inhalativo	950 mg/m3
DNEL consumidor, prolongado	efectos sistémicos	dérmica	206 mg/kg Peso corporal
DNEL consumidor, prolongado	efectos sistémicos	inhalativo	114 mg/m3
DNEL consumidor, prolongado	efectos sistémicos	oral	87 mg/kg Peso corporal

## Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

## Concentración prevista sin efecto (PNEC)

PNEC Agua dulce	0,96 mg/l
PNEC Agua de mar	0,79 mg/l
PNEC Sedimento de agua dulce	3,6 mg/kg
PNEC Suelo	0,63 mg/kg
PNEC Liberación periódica al agua	2,75 mg/l
PNEC sistema de depuración de aguas residuales	580 mg/l

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

PNEC oral	720 mg/kg
-----------	-----------

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,40 mm
tiempo de penetración:	> 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), KCL 730 Camatril® -Velours (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

Riesgo de explosión.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	alcoólico alcohólico
Umbral olfativo	0,1 - 5058,5 ppm
pH	7,0 a 10 g/l 20 °C
Punto de fusión	-114,5 °C

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

Punto /intervalo de ebullición	78,3 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	12 °C Método: c.c.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	3,1 %(v)
Límite superior de explosividad	27,7 %(v)
Presión de vapor	59 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	1,6
Densidad	0,790 - 0,793 g/cm3 a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C totalmente miscible
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0,31 (experimentalmente) (Literatura) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	Destilable sin descomposición a presión normal.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

Viscosidad, dinámica	1,2 mPa.s a 20 °C
----------------------	----------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	425 °C Método: DIN 51794
-------------------------	-----------------------------

Conductibilidad	< 1 µS/cm
-----------------	-----------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión/reacción exotérmica con:

peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, percloratos, ácido perclórico, Ácido nítrico, mercurio(II) nitrato, ácido permangánico, Nitrilos, peróxidos, Agentes oxidantes fuertes, nitrosilos, Peróxidos, sodio, Potasio, halogenóxidos, Hipoclorito de calcio, dióxido de nitrógeno, óxidos metálicos, hexafluoruro de uranio, yoduros, Cloro, Metales alcalinos, Metales alcalinotérreos, óxidos alcalinos, Óxido de etileno

plata, con, Ácido nítrico

compuestos de plata, con, Amoniacó

permanganato de potasio, con, ácido sulfúrico concentrado

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

halogenuros de halógeno, cromo(VI)óxido, cromilo cloruro, Flúor, hidruros, Oxidos de fósforo, platino

Ácido nítrico, con, permanganato de potasio

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

## 10.5 Materiales incompatibles

goma, plásticos diversos

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 10.470 mg/kg

Directrices de ensayo 401 del OECD

Síntomas: Náusea, Vómitos

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

CL50 Rata: 124,7 mg/l; 4 h ; vapor

Directrices de ensayo 403 del OECD

Síntomas: leves irritaciones de las mucosas  
absorción

#### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

#### *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: No irrita la piel

Directrices de ensayo 404 del OECD

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

Una exposición repetida o prolongada puede causar irritación de la piel y dermatitis debido a las propiedades desengrasantes del producto.

## *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: Irritación ocular

Directrices de ensayo 405 del OECD

Provoca irritación ocular grave.

## *Sensibilización*

Ensayo respecto a sensibilización (Magnusson y Kligman):

Resultado: negativo

(IUCLID)

## *Mutagenicidad en células germinales*

### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: Directrices de ensayo 471 del OECD

Ensayo de mutación genética de células de mamífero in vitro

Mouse lymphoma test

Resultado: negativo

Método: OECD TG 476

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Vía de aplicación: Oral

Ratón

Método: Directrices de ensayo 416 del OECD

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

euforia

Tras absorción:

Vértigo, borrachera, narcosis, parálisis respiratoria

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

CL50 *Leuciscus idus* (Carpa dorada): 8.140 mg/l; 48 h

(IUCLID)

#### *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

EC5 *E. sulcatum*: 65 mg/l; 72 h

(Literatura)

CE50 *Daphnia magna* (Pulga de mar grande): 9.268 - 14.221 mg/l; 48 h

(IUCLID)

#### *Toxicidad para las algas*

IC5 *Scenedesmus quadricauda* (alga verde): 5.000 mg/l; 7 d

(Literatura)

#### *Toxicidad para las bacterias*

EC5 *Pseudomonas putida*: 6.500 mg/l; 16 h

(IUCLID)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

*Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos (Toxicidad crónica)*

Ensayo semiestático NOEC Daphnia magna (Pulga de mar grande): 9,6 mg/l; 9 d  
(ECHA)

## 12.2 Persistencia y degradabilidad

*Biodegradabilidad*

94 %

OECD TG 301E

Fácilmente biodegradable.

*Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

930 - 1.670 mg/g (5 d)

(Literatura)

*Demanda teórica de oxígeno (DTO)*

2.100 mg/g

(Literatura)

*Ratio COD/ThBOD*

90 %

(Literatura)

## 12.3 Potencial de bioacumulación

*Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: -0,31

(experimentalmente)

(Literatura) No es de esperar una bioacumulación.

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm.  
1907/2006, anexo XIII.

## 12.6 Otros efectos adversos

*Información ecológica complementaria*

No deben esperarse interferencias en depuradoras si se usa adecuadamente.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 1170

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas Etanol

Unidas

14.3 Clase 3

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares para los usuarios si

Código de restricciones en túneles D/E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

14.1 Número ONU	UN 1170
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ETHANOL
14.3 Clase	3
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1170
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ETHANOL
14.3 Clase	3
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-E S-D

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	LÍQUIDOS INFLAMABLES
Alemán	P5c
	Cantidad 1: 5.000 t
	Cantidad 2: 50.000 t

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

Restricciones profesionales    Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias    no regulado  
que agotan la capa de ozono

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento    no regulado  
Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004  
sobre contaminantes orgánicos persistentes que  
modifica la Directiva 79/117/CEE

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)    Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$  % p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento    3

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H319	Provoca irritación ocular grave.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

## Etiquetado

### *Pictogramas de peligro*



### *Palabra de advertencia*

Peligro

### *Indicaciones de peligro*

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H319 Provoca irritación ocular grave.

### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar.

P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

#### Intervención

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

#### Almacenamiento

P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial Producción química, Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC14* Producción de preparados o artículos por tableteado, compresión, extrusión, peletización
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC1* Fabricación de sustancias
- ERC2* Formulación de preparados

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

<i>ERC4</i>	Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte de artículos
<i>ERC6a</i>	Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

---

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC1, ERC4, ERC6a

#### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	400000 t
--------------------------	----------

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Velocidad de flujo	18.000 000043
--------------------	---------------

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	350
Factor de emisión o de descarga:	70 %
Aire	
Factor de emisión o de descarga:	87 %
Agua	

#### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Aguas Residuales	
Eficacia (de una medida)	90 %

---

### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

#### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	75000 t
--------------------------	---------

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Velocidad de flujo	18.000 000043
--------------------	---------------

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

---

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en [www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

Número de días de emisión al año	300
----------------------------------	-----

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Eficacia (de una medida)	90 %

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC5, PROC8a, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC14, PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido altamente volátil

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	8 horas / día
-------------------	---------------

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior sin aspiración local (LEV)
---------------------------	--

### Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice guantes adecuados (conforme a EN374) y protección para los ojos.
--	--

---

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

## Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC1		Agua dulce	< 0,01	ECETOC TRA
			Agua de mar	< 0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA
2.1	ERC4		Agua dulce	< 0,01	ECETOC TRA
			Agua de mar	< 0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA
2.1	ERC6a		Agua dulce	< 0,01	ECETOC TRA
			Agua de mar	< 0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA
2.2	ERC2		Agua dulce	0,11	ECETOC TRA
			Agua de mar	0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

818760

Nombre del producto

Etanol absoluto EMPLURA®

## Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.3	PROC1	larga duración, inhalativo, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	< 0,01	
2.3	PROC2	larga duración, inhalativo, sistémico	0,05	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,05	
2.3	PROC3	larga duración, inhalativo, sistémico	0,10	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,10	
2.3	PROC4	larga duración, inhalativo, sistémico	0,20	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,02	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,22	
2.3	PROC5	larga duración, inhalativo, sistémico	0,50	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,04	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,54	
2.3	PROC8a	larga duración, inhalativo, sistémico	0,50	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,04	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,54	
2.3	PROC8b	larga duración, inhalativo, sistémico	0,30	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,04	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,34	
2.3	PROC9	larga duración, inhalativo, sistémico	0,40	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,02	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,42	
2.3	PROC10	larga duración, inhalativo, sistémico	0,50	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,08	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,58	
2.3	PROC14	larga duración, inhalativo, sistémico	0,50	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,51	
2.3	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,10	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,10	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo ( a menos que se indique otra cosa).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

---

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

---

### 1. Uso profesional Producción química, Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ámbito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

---

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

#### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	75000 t
--------------------------	---------

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Velocidad de flujo	18.000 000043
--------------------	---------------

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	300
----------------------------------	-----

#### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Eficacia (de una medida)	90 %

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	818760
Nombre del producto	Etanol absoluto EMPLURA®

---

## 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6a

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	400000 t
--------------------------	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Velocidad de flujo	18.000 000043
--------------------	---------------

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	350
Factor de emisión o de descarga:	70 %
Aire	
Factor de emisión o de descarga:	87 %
Agua	

### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Eficacia (de una medida)	90 %

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido altamente volátil

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	8 horas / día
-------------------	---------------

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior sin aspiración local (LEV)
---------------------------	--

---

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760  
Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas Utilice guantes adecuados (conforme a EN374) y protección para los ojos.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC2		Agua dulce	0,11	ECETOC TRA
			Agua de mar	0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA
2.2	ERC6a		Agua dulce	< 0,01	ECETOC TRA
			Agua de mar	< 0,01	ECETOC TRA
			Suelo	< 0,01	ECETOC TRA

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.3	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,10	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,10	

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo ( a menos que se indique otra cosa).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 818760

Nombre del producto Etanol absoluto EMPLURA®

---

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 17.07.2017

Version 14.3

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	822278
Denominación	Anhídrido acético para síntesis
Número de registro REACH	01-2119486470-36-xxxx
No. CAS	108-24-7

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producto químico para síntesis En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.
--------------------	---

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

#### 1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330

Corrosión cutánea, Categoría 1B, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

**Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H226 Líquidos y vapores inflamables.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H330 Mortal en caso de inhalación.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

822278

Nombre del producto

Anhídrido acético para síntesis

## Etiquetado reducido (≤125 ml)

### Pictogramas de peligro



### Palabra de advertencia

Peligro

### Indicaciones de peligro

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H330 Mortal en caso de inhalación.

### Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

No. Índice

607-008-00-9

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Fórmula

(CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O

C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> (Hill)

No. Índice

607-008-00-9

No. CE

203-564-8

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

### Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

Anhídrido acético (<= 100 % )

108-24-7	01-2119486470-36-	
----------	-------------------	--

xxxx

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Toxicidad aguda, Categoría 2, H330

Corrosión cutánea, Categoría 1B, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

#### Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!).

Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria

paro respiratorio, Vómito sanguinolento, Trastornos del estómago/intestinales, efectos sobre el sistema cardiovascular, Rasgadura, choc, Coma



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

¡Riesgo de ceguera!

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

Agua, Espuma

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

El fuego puede provocar emanaciones de:

vapores de ácido acético

No debe ponerse en contacto con:

Agua

¡Precaución! Al contacto con agua se produce/n:

Ácidos orgánicos

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo solo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger cuidadosamente con agentes absorbentes de líquidos, p.ej. Chemisorb®. Añadir a residuos a tratar. Aclarar.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítase la generación de vapores/aerosoles.

*Indicaciones para la protección contra incendio y explosión*

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

## **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

### *Condiciones de almacenamiento*

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

## **7.3 Usos específicos finales**

Víase el escenario de exposición en el anexo de esta FDS.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278  
Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

### Anhídrido acético (108-24-7)

VLA (ES)	Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA- ED)	5 ppm 21 mg/m <sup>3</sup>
----------	---	-------------------------------

## Nivel sin efecto derivado (DNEL)

DNEL trabajador, agudo	Efectos locales	inhalativo	12,6 mg/m <sup>3</sup>
DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	inhalativo	4,2 mg/m <sup>3</sup>
DNEL trabajador, crónico	Efectos locales	inhalativo	4,2 mg/m <sup>3</sup>
DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	dermática	1 mg/kg Peso corporal

## Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

## Concentración prevista sin efecto (PNEC)

PNEC Agua dulce	3,058 mg/l
PNEC Agua de mar	0,3058 mg/l
PNEC Liberación periódica al agua	30,58 mg/l
PNEC Sedimento de agua dulce	11,36 mg/kg
PNEC Sedimento marino	1,136 mg/kg
PNEC Suelo	0,47 mg/kg
PNEC sistema de depuración de aguas residuales	115 mg/l

## 8.2 Controles de la exposición

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278  
Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

## Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

## Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debe aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

### *Protección de las manos*

Sumergir:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Latex natural
Espesor del guante:	0,6 mm
tiempo de penetración:	> 60 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumergir), KCL 706 Lapren® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## *Otras medidas de protección*

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: filtro ABEK

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

Riesgo de explosión.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Líquido
Color	incolore
Olor	picante
Umbral olfativo	0,13 ppm
pH	aprox. 3 a 10 g/l 20 °C
Punto de fusión	-73 °C
Punto /intervalo de ebullición	138 - 140,5 °C a 1.013 hPa Método: DIN 53171

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

Punto de inflamación	49 °C Método: DIN 51755 Part 1
Tasa de evaporación	0,46 Sustancia de referencia: acetato de n-butilo
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	2,0 %(v)
Límite superior de explosividad	10,2 %(v)
Presión de vapor	4 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	3,5 (Aire = 1.0)
Densidad	1,08 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C Hidrólisis, Riesgo de reacciones violentas.
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0,58 (25 °C) (calculado) (Literatura) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

Viscosidad, dinámica	0,91 mPa.s a 20 °C
----------------------	-----------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	330 °C Método: DIN 51794
-------------------------	-----------------------------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

### 10.2 Estabilidad química

sensible a la humedad

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

etanol, permanganato de potasio, Agentes oxidantes fuertes, ácido perclórico, Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, cromo(VI)óxido, peróxido de bario, Peróxido sódico, peróxidos

nitrito de amonio, con, Ácido nítrico

Reacción exotérmica con:

Amoníaco, Hidróxido de potasio, nitratos, hidróxido sódico, Ácido acético, diluido

Posibles reacciones violentas con:

Agua

Puede formarse:

ácido acético



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

## 10.5 Materiales incompatibles

Hierro, Cobre

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago., Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito., Trastornos del estómago/intestinales, Vómito sanguinolento

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias

#### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

#### *Irritación de la piel*

Esta información no está disponible.

#### *Irritación ocular*

Esta información no está disponible.

#### *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

#### *Mutagenicidad en células germinales*

Esta información no está disponible.

#### *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Descomposición de la sustancia con la humedad del tejido.

Tras absorción:

choc, Coma, paro respiratorio, efectos sobre el sistema cardiovascular

Perjudicial para:

Ripón, Cambios en la composición de la sangre

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

No hay información disponible.

### 12.2 Persistencia y degradabilidad

No hay información disponible.

### 12.3 Potencial de bioacumulación

*Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: -0,58 (25 °C)

(calculado)

(Literatura) No es de esperar una bioacumulación.

### 12.4 Movilidad en el suelo

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Tensión superficial*

31,9 mN/m

a 25 °C

### *Información ecológica complementaria*

Tras reacción con el agua pueden formarse: ácido acético

Efecto perjudicial por desviación del pH. Corrosivo incluso en forma diluida.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1715
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Anhídrido acético
14.3 Clase	8 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en tñeles	D/E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

14.1 Número ONU	UN 1715
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ACETIC ANHYDRIDE
14.3 Clase	8 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1715
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ACETIC ANHYDRIDE
14.3 Clase	8 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-E S-C

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	TOXICIDAD AGUDA
Aleman	H2
	Cantidad 1: 50 t
	Cantidad 2: 200 t

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

SEVESO III  
LNQUIDOS INFLAMABLES  
P5c  
Cantidad 1: 5.000 t  
Cantidad 2: 50.000 t

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones más rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1\%$ p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	--

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento	3
-------------------------	---

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Se ha realizado una Valoración de la Seguridad Química para esta sustancia.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H226	Líquidos y vapores inflamables.
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H330	Mortal en caso de inhalación.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

### Etiquetado

#### Pictogramas de peligro



#### Palabra de advertencia

Peligro

#### Indicaciones de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.  
H302 Nocivo en caso de ingestión.  
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.  
H330 Mortal en caso de inhalación.

#### Consejos de prudencia

##### Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.  
P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

##### Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

822278

Nombre del producto

Anhídrido acético para síntesis

---

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

---

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan en nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU 9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC1* Fabricación de sustancias
- ERC2* Formulación de preparados
- ERC4* Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

	de artículos
ERC6a	Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)
ERC6b	Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

**2.1 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC5, PROC8b, PROC9, PROC15**

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 20 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior con aspiración local (LEV)
---------------------------	--

### Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes resistentes a productos químicos (conforme a EN374) en combinación con controles de supervisión de gestión intensiva. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

### Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

## 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC8a, PROC10

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 20 °C

## Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 4 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Interiores con LEV y una buena ventilación general
---------------------------	--

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Evite llevar a cabo la operación por más de 4 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes resistentes a productos químicos (conforme a EN374) en combinación con controles de supervisión de gestión intensiva. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

---

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14 (3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

822278

Nombre del producto

Anhídrido acético para síntesis

## Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	PROC1	larga duración, inhalativo, sistémico	0,01	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,01	
2.1	PROC2	larga duración, inhalativo, sistémico	0,1	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,02	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,12	
2.1	PROC3	larga duración, inhalativo, sistémico	0,30	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,01	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,31	
2.1	PROC4	larga duración, inhalativo, sistémico	0,51	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,13	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,64	
2.1	PROC5	larga duración, inhalativo, sistémico	0,51	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,27	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,78	
2.1	PROC8b	larga duración, inhalativo, sistémico	0,25	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,27	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,52	
2.1	PROC9	larga duración, inhalativo, sistémico	0,51	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,13	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,64	
2.1	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,51	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,51	
2.2	PROC8a	larga duración, inhalativo, sistémico	0,42	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,27	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,69	ECETOC TRA
2.2	PROC10	larga duración, inhalativo, sistémico	0,42	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	0,55	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,97	ECETOC TRA

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos agudos y locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

---

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822278
Nombre del producto	Anhídrido acético para síntesis

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

---

### 1. Uso profesional Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ambito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

---

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

---

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 20 °C

#### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

#### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Interiores con LEV y una buena ventilación general
---------------------------	--

---

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278  
Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes resistentes a productos químicos (conforme a EN374) en combinación con controles de supervisión de gestión intensiva. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

Se realizó una valoración de la seguridad química según Artículo 14 (3) y Anexo I, Párrafo 3 (valoración del peligro para el medio ambiente) y 4 (valoración PBT y MPMB) de REACH. Como no se identificaron peligros no son necesarias una estimación de la exposición ni una caracterización del riesgo (REACH, Anexo I, Párrafo 5.0).

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,71	ECETOC TRA
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA
		larga duración, combinado, sistémico	0,71	ECETOC TRA

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos agudos y locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822278

Nombre del producto Anhídrido acético para síntesis

---

safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 04.12.2017

Versión 14.15

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	822296
Denominación	Fenol para síntesis
Número de registro REACH	01-2119471329-32-XXXX
No. CAS	108-95-2

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producto químico para síntesis En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.
--------------------	---

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

#### 1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341

Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331

Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311

Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, Sistema nervioso central, Riñón, Hígado, Piel, H373

Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H301 + H311 + H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H373 Puede provocar daños en los órganos (Sistema nervioso central, Riñón, Hígado, Piel) tras exposiciones prolongadas o repetidas.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## Etiquetado reducido ( $\leq 125$ ml)

### Pictogramas de peligro



### Palabra de advertencia

Peligro

### Indicaciones de peligro

H301 + H311 + H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

### Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

No. Índice 604-001-00-2

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296  
Nombre del producto Fenol para síntesis

---

Formula	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O (Hill)
No. Índice	604-001-00-2	
No. CE	203-632-7	
Masa molar	94,11 g/mol	

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

Fenol (<= 100 % )

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento ( CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.*

108-95-2	01-2119471329-32-	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341
	XXXX	Toxicidad aguda, Categoría 3, H331
		Toxicidad aguda, Categoría 3, H311
		Toxicidad aguda, Categoría 3, H301
		Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 2, H373
		Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a si mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Tras contacto con la piel: lavar con polietilenglicol 400 o una mezcla de polietilenglicol 300/etanol 2:1 y posteriormente con abundante agua. En caso que ámbos no estén disponibles, lavar con abundante agua. Desprenderse rápidamente de la vestimenta contaminada. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos). Consultar inmediatamente al médico. Solamente en casos excepcionales, si no es posible la asistencia médica dentro de una hora, provocar el vómito (solamente en personas plenamente despiertas y conscientes), administrar carbón activo (20 - 40 g en suspensión al 10%) y consultar al médico lo más rápidamente posible. No proceder a pruebas de neutralización.

## 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria, Somnolencia, Vértigo, borrachera, efectos sobre el sistema cardiovascular, Dolor de cabeza, confusión, paro respiratorio, colapso, Inconsciencia, muerte  
¡Riesgo de ceguera!

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Agua, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Espuma, Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

## 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Indispensable evitar la formación y la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con precaución, proceder a su eliminación. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla.

#### *Indicaciones para la protección contra incendio y explosión*

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

#### *Condiciones de almacenamiento*

Protejido de la luz.

Bien cerrado. Seco. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Véase el escenario de exposición en el anexo de ésta FDS.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual

### 8.1 Parámetros de control

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296  
Nombre del producto Fenol para síntesis

---

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Observaciones
<i>Fenol (108-95-2)</i>			
EU ELV	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo	2 ppm 7,8 mg/m3	
VLA (ES)	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	2 ppm 8 mg/m3	
	Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)	4 ppm 16 mg/m3	

## Nivel sin efecto derivado (DNEL)

DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	inhalativo	8 mg/m3
DNEL trabajador, crónico	efectos sistémicos	dérmica	1,23 mg/kg Peso corporal

## Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

## Concentración prevista sin efecto (PNEC)

PNEC Agua dulce	0,0077 mg/l
PNEC Agua de mar	0,00077 mg/l
PNEC Sedimento de agua dulce	0,0915 mg/kg
PNEC Sedimento marino	0,00915 mg/kg
PNEC Suelo	0,136 mg/kg



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

PNEC sistema de depuración de aguas residuales	2,1 mg/l
--	----------

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Vitón (R)
Espesor del guante:	0,70 mm
Tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Vitón (R)
Espesor del guante:	0,70 mm
Tiempo de penetración:	> 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 890 Vitoject® (Sumerción), KCL 890 Vitoject® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de polvo/vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A-(P3)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Sólido cristalino
Color	incoloro
Olor	característico
Umbral olfativo	0,005 - 5,2 ppm
pH	aprox. 5 a 50 g/l 20 °C
Punto de fusión	40,8 °C

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Punto /intervalo de ebullición	181,8 °C a 1.013 hPa
--------------------------------	-------------------------

Punto de inflamación	81 °C a aprox.1.013 hPa
----------------------	----------------------------

Método: DIN 51758

Tasa de evaporación	No hay información disponible.
---------------------	--------------------------------

Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
------------------------------	--------------------------------

Límites inferior de explosividad	1,3 %(v)
----------------------------------	----------

Límite superior de explosividad	9,5 %(v)
---------------------------------	----------

Presión de vapor	0,2 hPa a 20 °C
------------------	--------------------

Densidad relativa del vapor	3,2 a 20 °C (Aire = 1.0)
-----------------------------	--------------------------------

Densidad	1,07 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C Método: DIN 51757
----------	--

Densidad relativa	No hay información disponible.
-------------------	--------------------------------

Solubilidad en agua	84 g/l a 20 °C
---------------------	-------------------

Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 1,47 (30 °C) (ECHA) No es de esperar una bioacumulación.
---------------------------------------	--

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Temperatura de auto-inflamación	715 °C a aprox.1.013 hPa
---------------------------------	-----------------------------

Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
-------------------------------	--------------------------------

Viscosidad, dinámica	3,437 mPa.s a 50 °C
----------------------	------------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	595 °C Método: DIN 51794
-------------------------	-----------------------------

Densidad aparente	aprox.620 kg/m3
-------------------	-----------------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.

Válido en general para sustancias y mezclas orgánicas combustibles: en caso de esparcimiento fino, en estado arremolinado, debe contarse en general con peligro de explosión.

### 10.2 Estabilidad química

Sensibilidad a la luz

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción exotérmica con:

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Aluminio, Aldehídos, halógenos, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, compuestos férricos, Oxidantes, Ácidos fuertes, Bases fuertes, formaldehído

Riesgo de explosión con:

nitritos, nitratos, halogenatos, peróxidos

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

## 10.5 Materiales incompatibles

goma, plásticos diversos, aleaciones diversos, metales diversos

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago.

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias

#### *Toxicidad cutánea aguda*

DL50 Rata: 660 mg/kg

Directrices de ensayo 402 del OECD

#### *Irritación de la piel*

Estudio in vitro

Resultado: Provoca quemaduras.

OECD TG 431

Provoca quemaduras.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## *Irritación ocular*

Provoca lesiones oculares graves. ¡Riesgo de ceguera!

Conejo

Resultado: Corrosivo

Directrices de ensayo 405 del OECD

## *Sensibilización*

Test de sensibilización: Conejillo de indias

Resultado: negativo

(IUCLID)

## *Mutagenicidad en células germinales*

### *Genotoxicidad in vitro*

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.

Resultado: positivo

Método: OECD TG 473

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): test micronucleus.

Resultado: positivo

Método: OECD TG 487

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Efectos CMR*

Mutagenicidad:

Se sospecha que provoca defectos genéticos.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Órganos diana: Sistema nervioso, Riñón, Hígado, Piel

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Tras absorción:

Efectos sistémicos:

Dolor de cabeza, Somnolencia, borrachera, confusión, Vértigo, efectos sobre el sistema cardiovascular, Cambios en la composición de la sangre, paro respiratorio, colapso,

Inconsciencia, muerte

Perjudicial para:

Hígado, Riñón, Cardíaco

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

El producto debe manejarse con especial cuidado.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

CL50 *Oncorhynchus mykiss* (Trucha irisada): 5,0 mg/l; 96 h

(Base de datos ECOTOX)

#### *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

Ensayo estático CE50 *Ceriodaphnia dubia* (pulga de agua): 3,1 mg/l; 48 h

US-EPA

#### *Toxicidad para las algas*

IC5 *Scenedesmus quadricauda* (alga verde): 7,5 mg/l; 8 d

(IUCLID) (concentración tóxica límite)

Ensayo estático CE50 *Pseudokirchneriella subcapitata* (Microalga): 61,1 mg/l; 96 h

US-EPA

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## *Toxicidad para las bacterias*

CE50 lodo activado: 766 mg/l; 3 h

OECD TG 209

## *Toxicidad para los peces (Toxicidad crónica)*

Ensayo semiestático NOEC Poecilia reticulata (Guppi): 4 mg/l; 14 d

OECD TG 204

## *Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos (Toxicidad crónica)*

Ensayo semiestático EC10 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 0,46 mg/l; 16 d  
(ECHA)

### **12.2 Persistencia y degradabilidad**

#### *Biodegradabilidad*

100 %; 6 d

OECD TG 302B

Fácilmente eliminable.

85 %; 14 d

OECD TG 301C

Fácilmente biodegradable.

#### *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

1.680 mg/g (5 d)

(IUCLID)

#### *Demanda química de oxígeno (DQO)*

2.300 mg/g

(IUCLID)

### **12.3 Potencial de bioacumulación**

#### *Coeficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: 1,47 (30 °C)

(ECHA) No es de esperar una bioacumulación.

### **12.4 Movilidad en el suelo**



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Tensión superficial*

71,3 mN/m

a 20 °C

### *Información ecológica complementaria*

A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua. Peligro para el agua potable por filtración en suelos y acuíferos. Alteración de las características organolépticas de proteínas de pescado.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1671
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Fenol sólido
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	D/E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

14.1 Número ONU	UN 1671
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	PHENOL, SOLID
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1671
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	PHENOL, SOLID
14.3 Clase	6.1
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-A S-A

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

*Disposiciones legales de la CE*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	TOXICIDAD AGUDA
Alemán	H2

Cantidad 1: 50 t  
Cantidad 2: 200 t

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento	6.1A
-------------------------	------

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H301	Tóxico en caso de ingestión.
H311	Tóxico en contacto con la piel.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos.
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

### Etiquetado

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H301 + H311 + H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H373 Puede provocar daños en los órganos (Sistema nervioso central, Riñón, Hígado, Piel, Sistema nervioso) tras exposiciones prolongadas o repetidas.

#### *Consejos de prudencia*

Prevención

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

## Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC2* Formulación de preparados
- ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

*ERC6b*      Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

---

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

#### Cantidad utilizada

Cantidad diaria por emplazamiento	4.078 kg
-----------------------------------	----------

(Mseguro)

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	10
Factor de emisión o de descarga:	2,5 %
Aire	
Factor de emisión o de descarga:	0,03 %
Agua	
Factor de emisión o de descarga:	0,01 %
Suelo	

#### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.

---

### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6a



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## Cantidad utilizada

Cantidad diaria para usos de amplia dispersión (Mseguro)	4.073 kg
--	----------

## Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

## Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	20
Factor de emisión o de descarga: Aire	5,0 %
Factor de emisión o de descarga: Agua	0,03 %
Factor de emisión o de descarga: Suelo	0,1 %

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6b

### Cantidad utilizada

Cantidad diaria para usos de amplia dispersión (Mseguro)	1.630 kg
--	----------

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

## Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	20
Factor de emisión o de descarga: Aire	0,1 %
Factor de emisión o de descarga: Agua	5,0 %
Factor de emisión o de descarga: Suelo	0,03 %

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.

---

## 2.4 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1, PROC2

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 56 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
-------------------	-----------------

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Frecuencia de uso	5 días / semana
-------------------	-----------------

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior sin aspiración local (LEV)
---------------------------	--

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

---

## 2.5 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC3, PROC4, PROC5, PROC8a, PROC8b, PROC9, PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 56 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Interiores con LEV y una buena ventilación general
---------------------------	--

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Utilice guantes resistentes a productos químicos (conforme a EN374) en combinación con entrenamiento de una actividad específica. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

---

## 2.6 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC10

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de sustancia en el producto hasta un 25%.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 56 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Interiores con LEV y una buena ventilación general
---------------------------	--

### Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes resistentes a productos químicos (conforme a EN374) en combinación con entrenamiento de una actividad específica. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

---

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296  
Nombre del producto Fenol para síntesis

## Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC2	4,078 t/día	Agua	1	ECETOC TRA
2.2	ERC6a	4,073 t/día	Agua	1	ECETOC TRA
2.3	ERC6b	1,63 t/día	Agua	1	ECETOC TRA

## Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.4	PROC1	larga duración, inhalativo, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	< 0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,01	
2.4	PROC2	larga duración, inhalativo, sistémico	0,49	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,22	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,71	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296  
Nombre del producto Fenol para síntesis

2.5	PROC3	larga duración, inhalativo, sistémico	0,1	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,03	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,13	
2.5	PROC4	larga duración, inhalativo, sistémico	0,17	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,28	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,45	
2.5	PROC5	larga duración, inhalativo, sistémico	0,17	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,56	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,73	
2.5	PROC8a	larga duración, inhalativo, sistémico	0,34	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,56	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,9	
2.5	PROC8b	larga duración, inhalativo, sistémico	0,09	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,56	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,64	
2.5	PROC9	larga duración, inhalativo, sistémico	0,17	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,28	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,45	
2.5	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,17	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,01	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,19	
2.6	PROC10	larga duración, inhalativo, sistémico	0,21	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,67	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,87	

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo ( a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos agudos y locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

---

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

Para la clasificación de valoraciones de exposición al ambiente, consulte por favor la herramienta ECT en <http://www.reachcentrum.eu/consortium/phenol-derivatives-reach-consortium-149.html>



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

---

### 1. Uso profesional Producto químico para síntesis)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ámbito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

---

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

#### Cantidad utilizada

Cantidad diaria por emplazamiento 4.078 kg  
(Mseguro)

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	10
Factor de emisión o de descarga: Aire	2,5 %
Factor de emisión o de descarga:	0,03 %

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Agua

Factor de emisión o de descarga: 0,01 %

Suelo

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
---	---

Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
---	--------------

Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.
----------------------	---

---

## 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6a

### Cantidad utilizada

Cantidad diaria para usos de amplia dispersión (Mseguro)	4.073 kg
--	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	20
Factor de emisión o de descarga: Aire	5,0 %
Factor de emisión o de descarga: Agua	0,03 %
Factor de emisión o de descarga: Suelo	0,1 %

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296

Nombre del producto Fenol para síntesis

---

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6b

### Cantidad utilizada

Cantidad diaria para usos de amplia dispersión (Mseguro)	1.630 kg
--	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Río)	10
Factor de dilución (Áreas Costeras)	100

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Número de días de emisión al año	20
Factor de emisión o de descarga: Aire	0,1 %
Factor de emisión o de descarga: Agua	5,0 %
Factor de emisión o de descarga: Suelo	0,03 %

### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

Tratamiento de Lodos	Puede eliminarse en vertederos si las normas locales lo permiten.
----------------------	---

---

## 2.4 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 56 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	< 8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior con aspiración local (LEV)
---------------------------	--

### Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374. Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

### Consejos adicionales para las buenas prácticas más allá de la Evaluación de Seguridad Química REACH

Asesoramiento adicional sobre buenas prácticas	Utilice indumentaria adecuada para evitar la exposición de la piel.
--	---

---

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822296  
Nombre del producto Fenol para síntesis

## Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC2	4,078 t/día	Agua	1	ECETOC TRA
2.2	ERC6a	4,073 t/día	Agua	1	ECETOC TRA
2.3	ERC6b	1,63 t/día	Agua	1	ECETOC TRA

## Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.4	PROC15	larga duración, inhalativo, sistémico	0,49	ECETOC TRA 3
		larga duración, dermal, sistémico	0,06	ECETOC TRA 3
		larga duración, combinado, sistémico	0,55	

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo ( a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos agudos y locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822296
Nombre del producto	Fenol para síntesis

---

herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

Para la clasificación de valoraciones de exposición al ambiente, consulte por favor la herramienta ECT en <http://www.reachcentrum.eu/consortium/phenol-derivatives-reach-consortium-149.html>

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 17.01.2018

Versión 8.10

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	822325
Denominación	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis
Número de registro REACH	01-2119935246-37-XXXX
No. CAS	103-90-2

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producción farmacéutica, Producto químico para síntesis Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ( <a href="http://www.merckgroup.com">www.merckgroup.com</a> ; for USA/Canada <a href="http://www.emdgroup.com">www.emdgroup.com</a> ).
--------------------	--

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: <a href="mailto:prodsafe@merckgroup.com">prodsafe@merckgroup.com</a>

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

**Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 Nocivo en caso de ingestión.

**Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*No. CAS* 103-90-2

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	$\text{CH}_3\text{CONHC}_6\text{H}_4(\text{OH})$	$\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$ (Hill)
---------	--	--



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

No. CE	203-157-5
Masa molar	151,16 g/mol

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS	Número de registro	Clasificación
4'-hydroxyacetanilide ( $\leq 100\%$ )		
103-90-2	01-2119935246-37-XXXX	Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Somnolencia, Vértigo, ansiedad, Náusea, Vómitos, dolores de estómago, Inconsciencia, parálisis respiratoria, Coma

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

*Medios de extinción apropiados*

Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Polvo seco

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Riesgo de explosión del polvo.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

El fuego puede provocar emanaciones de:

óxidos de nitrógeno, gases nitrosos

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

## 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

## 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

## 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

#### *Condiciones de almacenamiento*

Protejido de la luz.

Bien cerrado. Seco.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual

### 8.1 Parámetros de control

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de penetración:	> 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

prendas de protección

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro P 2

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	polvo finamente cristalizado
Color	blanco
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No aplicable
pH	5,5 - 6,5 a 20 °C (solución saturada)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

Punto/intervalo de fusión	169 - 170 °C a 1.013 hPa
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	No hay información disponible.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límites inferior de explosividad	No hay información disponible.
Límite superior de explosividad	No hay información disponible.
Presión de vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	1,293 g/cm <sup>3</sup> a 21 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	14 g/l a 20 °C
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 0,46 (25 °C) (experimentalmente) No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	> 180 °C

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
----------------------	--------------------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	540 °C
-------------------------	--------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Riesgo de explosión del polvo.

### 10.2 Estabilidad química

Sensibilidad a la luz

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Oxidantes, Bases, ácidos

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Fuerte calefacción (descomposición).

Exposición a la luz.

### 10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 1.944 mg/kg

(RTECS)

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Esta información no está disponible.

#### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

#### *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Sin irritación

Directrices de ensayo 404 del OECD

#### *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: No irrita los ojos

Directrices de ensayo 405 del OECD

#### *Sensibilización*

Posible sensibilización en personas predispuestas.

#### *Mutagenicidad en células germinales*

#### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Resultado: negativo

Método: OECD TG 471

#### *Carcinogenicidad*

No muestra efectos cancerígenos en experimentos con animales. (IUCLID)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

## *Toxicidad para la reproducción*

No hay sospecha de que perjudique la capacidad reproductora. (IUCLID)

## *Teratogenicidad*

No mostró efectos teratógenos en experimentos con animales. (IUCLID)

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

## 11.2 Otros datos

Tras absorción de grandes cantidades:

Efectos sistémicos:

Náusea, Vómitos, Vértigo, dolores de estómago, falta de apetito, Somnolencia, sueño, ansiedad, Cambios en la composición de la sangre, Irregularidades cardíacas, Inconsciencia, parálisis respiratoria, Coma

Tras administración crónica se lesiona:

Riñón, Hígado

Sustancia de uso terapéutico.

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

#### *Toxicidad para los peces*

Ensayo dinámico CL50 *Oryzias latipes* (Ciprinodontidae de color rojo-naranja): 160 mg/l; 96 h (ECHA)

#### *Toxicidad para las bacterias*

CE50 *Photobacterium phosphoreum*: 331 mg/l; 5 min (Literatura)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822325

Nombre del producto 4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

## 12.2 Persistencia y degradabilidad

### *Biodegradabilidad*

57 %; 28 d

OECD TG 301F

No es fácilmente biodegradable.

99 %; 5 d

OECD TG 302B

Se elimina fácilmente del agua

## 12.3 Potencial de bioacumulación

### *Coeficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: 0,46 (25 °C)

(experimentalmente)

No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al echo de que una evaluac ión de peligro químico no es necesaria o no existe.

## 12.6 Otros efectos adversos

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

**14.1 - 14.6** Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

**14.1 - 14.6** Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

### Transporte marítimo (IMDG)

**14.1 - 14.6** Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

### **14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC**

No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

**15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**

---

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

## *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Alemán	

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento	10 - 13
-------------------------	---------

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

**Merck-OEL (siglas en inglés de límite de exposición ocupacional) (valor interno de la compañía)**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	822325
Nombre del producto	4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

Valor interno de la compañía 1,3 mg/m<sup>3</sup>

Factor de exposición a corto plazo (15 min.) 4

Grupos de riesgo de embarazo	C
	No hay motivos para temer daños al embrión o al feto si se respeta al valor OEL de Merck.

## Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H302	Nocivo en caso de ingestión.
------	------------------------------

## Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

## Etiquetado

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 Nocivo en caso de ingestión.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 822325

Nombre del producto 4'-Hidroxiacetanilida para síntesis

---

C/ María de Molina, 40|28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980

Revision date: 10/17/2016

Supersedes: 06/03/2015

### SECTION: 1. Product and company identification

#### 1.1. Product identifier

Product form : Substance  
Name : Hydrogen, compressed  
CAS No : 1333-74-0  
Formula : H<sub>2</sub>  
Other means of identification : Dihydrogen, parahydrogen, refrigerant gas R702, water gas

#### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/mixture : Industrial use. Use as directed.

#### 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Praxair, Inc.  
10 Riverview Drive  
Danbury, CT 06810-6268 - USA  
T 1-800-772-9247 (1-800-PRAXAIR) - F 1-716-879-2146  
[www.praxair.com](http://www.praxair.com)

#### 1.4. Emergency telephone number

Emergency number : Onsite Emergency: 1-800-645-4633

CHEMTREC, 24hr/day 7days/week  
— Within USA: 1-800-424-9300, Outside USA: 001-703-527-3887  
(collect calls accepted, Contract 17729)

### SECTION 2: Hazard identification

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

##### GHS-US classification

Flam. Gas 1 H220  
Compressed gas H280

#### 2.2. Label elements

##### GHS-US labeling

Hazard pictograms (GHS-US) :



Signal word (GHS-US) :

DANGER

Hazard statements (GHS-US) :

H220 - **EXTREMELY FLAMMABLE GAS**  
H280 - CONTAINS GAS UNDER PRESSURE; MAY EXPLODE IF HEATED  
OSHA-H01 - MAY DISPLACE OXYGEN AND CAUSE RAPID SUFFOCATION  
CGA-HG04 - MAY FORM EXPLOSIVE MIXTURES WITH AIR  
CGA-HG08 - BURNS WITH INVISIBLE FLAME

Precautionary statements (GHS-US) :

P202 - Do not handle until all safety precautions have been read and understood  
P210 - Keep away from Heat, Open flames, Sparks, Hot surfaces. - No smoking  
P271+P403 - Use and store only outdoors or in a well-ventilated place  
P377 - Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely  
P381 - Eliminate all ignition sources if safe to do so  
CGA-PG05 - Use a back flow preventive device in the piping  
CGA-PG10 - Use only with equipment rated for cylinder pressure  
CGA-PG12 - Do not open valve until connected to equipment prepared for use  
CGA-PG06 - Close valve after each use and when empty  
CGA-PG02 - Protect from sunlight when ambient temperature exceeds 52°C (125°F)

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980      Revision date: 10/17/2016      Supersedes: 06/03/2015

### 2.3. Other hazards

Other hazards not contributing to the classification : None.

### 2.4. Unknown acute toxicity (GHS US)

No data available

## SECTION 3: Composition/Information on ingredients

### 3.1. Substance

Name : Hydrogen, compressed  
CAS No : 1333-74-0

Name	Product identifier	%
Hydrogen	(CAS No) 1333-74-0	99.5 - 100

### 3.2. Mixture

Not applicable

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1. Description of first aid measures

First-aid measures after inhalation : Remove to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, trained personnel should give oxygen. Call a physician.

First-aid measures after skin contact : Adverse effects not expected from this product.

First-aid measures after eye contact : Immediately flush eyes thoroughly with water for at least 15 minutes. Hold the eyelids open and away from the eyeballs to ensure that all surfaces are flushed thoroughly. Contact an ophthalmologist immediately.. Get immediate medical attention.

First-aid measures after ingestion : Ingestion is not considered a potential route of exposure.

### 4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

No additional information available

### 4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

None.

## SECTION 5: Firefighting measures

### 5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media : Carbon dioxide, dry chemical powder, water spray, fog.

### 5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Fire hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE GAS.** The hydrogen flame is nearly invisible. Hydrogen has a low ignition energy; escaping hydrogen gas may ignite spontaneously. A fireball forms if the gas cloud ignites immediately after release. Hydrogen forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.

Explosion hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE GAS.** Forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.

Reactivity : No reactivity hazard other than the effects described below.

### 5.3. Advice for firefighters

Firefighting instructions : If venting or leaking gas catches fire, do not extinguish flames. Flammable vapors may spread from leak, creating an explosive reignition hazard. Vapors can be ignited by pilot lights, other flames, smoking, sparks, heaters, electrical equipment, static discharge, or other ignition sources at locations distant from product handling point. Explosive atmospheres may linger. Before entering an area, especially a confined area, check the atmosphere with an appropriate device

Evacuate all personnel from the danger area. Use self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective clothing. Immediately cool containers with water from maximum distance. Stop flow of gas if safe to do so, while continuing cooling water spray. Remove ignition sources if safe to do so. Remove containers from area of fire if safe to do so. On-site fire brigades must comply with OSHA 29 CFR 1910.156 and applicable standards under 29 CFR 1910 Subpart L—Fire Protection.



# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 06/03/2015

Protection during firefighting	: Compressed gas: asphyxiant. Suffocation hazard by lack of oxygen.
Special protective equipment for fire fighters	: Standard protective clothing and equipment (Self Contained Breathing Apparatus) for fire fighters.
Specific methods	: Use fire control measures appropriate for the surrounding fire. Exposure to fire and heat radiation may cause gas containers to rupture. Cool endangered containers with water spray jet from a protected position. Prevent water used in emergency cases from entering sewers and drainage systems
	Stop flow of product if safe to do so
	Use water spray or fog to knock down fire fumes if possible.

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

General measures : **DANGER: EXTREMELY FLAMMABLE GAS. Forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.** See section 5. Evacuate personnel to a safe area. Appropriate self-contained breathing apparatus may be required. Approach suspected leak area with caution. Remove all sources of ignition. if safe to do so. Reduce gas with fog or fine water spray. Stop flow of product if safe to do so. Ventilate area or move container to a well-ventilated area. Flammable gas may spread from leak. Before entering the area, especially a confined area, check the atmosphere with an appropriate device.

#### 6.1.1. For non-emergency personnel

No additional information available

#### 6.1.2. For emergency responders

No additional information available

### 6.2. Environmental precautions

Prevent waste from contaminating the surrounding environment. Prevent soil and water pollution. Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Contact supplier for any special requirements.

### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

No additional information available

### 6.4. Reference to other sections

See also sections 8 and 13.

## SECTION 7: Handling and storage

### 7.1. Precautions for safe handling

Precautions for safe handling : Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. No smoking. Use only non-sparking tools. Use only explosion-proof equipment

Wear leather safety gloves and safety shoes when handling cylinders. Protect cylinders from physical damage; do not drag, roll, slide or drop. While moving cylinder, always keep in place removable valve cover. Never attempt to lift a cylinder by its cap; the cap is intended solely to protect the valve. When moving cylinders, even for short distances, use a cart (trolley, hand truck, etc.) designed to transport cylinders. Never insert an object (e.g. wrench, screwdriver, pry bar) into cap openings; doing so may damage the valve and cause a leak. Use an adjustable strap wrench to remove over-tight or rusted caps. Slowly open the valve. If the valve is hard to open, discontinue use and contact your supplier. Close the container valve after each use; keep closed even when empty. Never apply flame or localized heat directly to any part of the container. High temperatures may damage the container and could cause the pressure relief device to fail prematurely, venting the container contents. For other precautions in using this product, see section 16.

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 06/03/2015

### 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions : Store only where temperature will not exceed 125°F (52°C). Post "No Smoking/No Open Flames" signs in storage and use areas. There must be no sources of ignition. Separate packages and protect against potential fire and/or explosion damage following appropriate codes and requirements (e.g, NFPA 30, NFPA 55, NFPA 70, and/or NFPA 221 in the U.S.) or according to requirements determined by the Authority Having Jurisdiction (AHJ). Always secure containers upright to keep them from falling or being knocked over. Install valve protection cap, if provided, firmly in place by hand when the container is not in use. Store full and empty containers separately. Use a first-in, first-out inventory system to prevent storing full containers for long periods. For other precautions in using this product, see section 16

**OTHER PRECAUTIONS FOR HANDLING, STORAGE, AND USE:** When handling product under pressure, use piping and equipment adequately designed to withstand the pressures to be encountered. Never work on a pressurized system. Use a back flow preventive device in the piping. Gases can cause rapid suffocation because of oxygen deficiency; store and use with adequate ventilation. If a leak occurs, close the container valve and blow down the system in a safe and environmentally correct manner in compliance with all international, federal/national, state/provincial, and local laws; then repair the leak. Never place a container where it may become part of an electrical circuit.

### 7.3. Specific end use(s)

None.

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

### 8.1. Control parameters

Hydrogen, compressed (1333-74-0)		
ACGIH	Not established	
USA OSHA	Not established	
Hydrogen (1333-74-0)		
ACGIH	Remark (ACGIH)	Simple asphyxiant
USA OSHA	Not established	

### 8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls : Use an explosion-proof local exhaust system. Local exhaust and general ventilation must be adequate to meet exposure standards. **MECHANICAL (GENERAL): Inadequate - Use only in a closed system.** Use explosion proof equipment and lighting.

Eye protection : Wear safety glasses with side shields.

Respiratory protection : An air-supplied respirator must be used while working with this product in confined spaces. The respiratory protection used must conform with OSHA rules as specified in 29 CFR 1910.134. Select per OSHA 29 CFR 1910.134 and ANSI Z88.2.

Thermal hazard protection : None necessary.

Other information : Consider the use of flame resistant anti-static safety clothing. Wear safety shoes while handling containers.

## SECTION 9: Physical and chemical properties

### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state : Gas

Appearance : Colorless gas.

Molecular mass : 2 g/mol

Color : Colorless.

Odor : Odorless.

Odor threshold : No data available

pH : Not applicable.

Relative evaporation rate (butyl acetate=1) : No data available

Relative evaporation rate (ether=1) : Not applicable.

Melting point : -259.2 °C (-434.56°F)

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 06/03/2015

Freezing point	: No data available
Boiling point	: -252.9 °C (-422.97°F)
Flash point	: No data available
Critical temperature	: -239.9 °C (-399.82°F)
Auto-ignition temperature	: 566 °C (1051°F)
Decomposition temperature	: No data available
Flammability (solid, gas)	: No data available
Vapor pressure	: Not applicable.
Relative vapor density at 20 °C	: No data available
Relative density	: No data available
Density	: 0.089 g/l (0.0056 lb/ft <sup>3</sup> ) (at STP = 0°C and 1atm)
Relative gas density	: 0.07
Solubility	: Water: 1.6 mg/l
Log Pow	: Not applicable.
Log Kow	: Not applicable.
Viscosity, kinematic	: Not applicable.
Viscosity, dynamic	: Not applicable.
Explosive properties	: Not applicable.
Oxidizing properties	: None.
Explosion limits	: 4 - 77 vol %

### 9.2. Other information

Gas group	: Compressed gas
Additional information	: BURNS WITH INVISIBLE FLAME

## SECTION 10: Stability and reactivity

### 10.1. Reactivity

No reactivity hazard other than the effects described below.

### 10.2. Chemical stability

Stable under normal conditions.

### 10.3. Possibility of hazardous reactions

Can form explosive mixture with air. May react violently with oxidants.

### 10.4. Conditions to avoid

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. – No smoking.

### 10.5. Incompatible materials

Oxidizing agents. Lithium. Halogens.

### 10.6. Hazardous decomposition products

Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

## SECTION 11: Toxicological information

### 11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity	: Not classified
----------------	------------------

#### Hydrogen, compressed ( 1333-74-0

LC50 inhalation rat (ppm)	> 15000 ppm/1h
---------------------------	----------------

#### Hydrogen (1333-74-0)

LC50 inhalation rat (ppm)	> 15000 ppm/1h
---------------------------	----------------

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980

Revision date: 10/17/2016

Supersedes: 06/03/2015

Skin corrosion/irritation	: Not classified
	pH: Not applicable.
Serious eye damage/irritation	: Not classified
	pH: Not applicable.
Respiratory or skin sensitization	: Not classified
Germ cell mutagenicity	: Not classified
Carcinogenicity	: Not classified
Reproductive toxicity	: Not classified
Specific target organ toxicity (single exposure)	: Not classified
Specific target organ toxicity (repeated exposure)	: Not classified
Aspiration hazard	: Not classified

## SECTION 12: Ecological information

### 12.1. Toxicity

Ecology - general	: No ecological damage caused by this product.
-------------------	--

### 12.2. Persistence and degradability

Hydrogen, compressed (1333-74-0)	
Persistence and degradability	No ecological damage caused by this product.
Hydrogen (1333-74-0)	
Persistence and degradability	No ecological damage caused by this product.

### 12.3. Bioaccumulative potential

Hydrogen, compressed (1333-74-0)	
BCF fish 1	(no bioaccumulation expected)
Log Pow	Not applicable.
Log Kow	Not applicable.
Bioaccumulative potential	No ecological damage caused by this product.
Hydrogen (1333-74-0)	
BCF fish 1	(no bioaccumulation expected)
Log Pow	Not applicable.
Log Kow	Not applicable.
Bioaccumulative potential	No ecological damage caused by this product.

### 12.4. Mobility in soil

Hydrogen, compressed (1333-74-0)	
Mobility in soil	No data available.
Ecology - soil	No ecological damage caused by this product.
Hydrogen (1333-74-0)	
Mobility in soil	No data available.
Ecology - soil	No ecological damage caused by this product.

### 12.5. Other adverse effects

Effect on ozone layer	: None
Effect on the global warming	: No known effects from this product

## SECTION 13: Disposal considerations

### 13.1. Waste treatment methods

Waste disposal recommendations	: Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Contact supplier for any special requirements.
--------------------------------	--

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980

Revision date: 10/17/2016

Supersedes: 06/03/2015

### SECTION 14: Transport information

In accordance with DOT

Transport document description : UN1049 Hydrogen, compressed, 2.1  
UN-No.(DOT) : UN1049  
Proper Shipping Name (DOT) : Hydrogen, compressed  
Class (DOT) : 2.1 - Class 2.1 - Flammable gas 49 CFR 173.115  
Hazard labels (DOT) : 2.1 - Flammable gas



DOT Special Provisions (49 CFR 172.102) : N89 - When steel UN pressure receptacles are used, only those bearing the "H" mark are authorized

#### Additional information

Emergency Response Guide (ERG) Number : 115 (UN1049)  
Other information : No supplementary information available.  
Special transport precautions : Avoid transport on vehicles where the load space is not separated from the driver's compartment. Ensure vehicle driver is aware of the potential hazards of the load and knows what to do in the event of an accident or an emergency. Before transporting product containers:  
- Ensure there is adequate ventilation. - Ensure that containers are firmly secured. - Ensure cylinder valve is closed and not leaking. - Ensure valve outlet cap nut or plug (where provided) is correctly fitted. - Ensure valve protection device (where provided) is correctly fitted.

#### Transport by sea

UN-No. (IMDG) : 1049  
Proper Shipping Name (IMDG) : HYDROGEN, COMPRESSED  
Class (IMDG) : 2 - Gases  
MFAG-No : 115

#### Air transport

UN-No. (IATA) : 1049  
Proper Shipping Name (IATA) : Hydrogen, compressed  
Class (IATA) : 2  
Civil Aeronautics Law : Gases under pressure/Gases flammable under pressure

### SECTION 15: Regulatory information

#### 15.1. US Federal regulations

##### Hydrogen, compressed (1333-74-0)

Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) inventory

SARA Section 311/312 Hazard Classes	Sudden release of pressure hazard Fire hazard
-------------------------------------	--

All components of this product are listed on the Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory.

This product or mixture does not contain a toxic chemical or chemicals in excess of the applicable de minimis concentration as specified in 40 CFR §372.38(a) subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR Part 372.

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980      Revision date: 10/17/2016      Supersedes: 06/03/2015

### 15.2. International regulations

#### CANADA

<b>Hydrogen, compressed (1333-74-0)</b>
Listed on the Canadian DSL (Domestic Substances List)
<b>Hydrogen (1333-74-0)</b>
Listed on the Canadian DSL (Domestic Substances List)

#### EU-Regulations

<b>Hydrogen, compressed (1333-74-0)</b>
Listed on the EEC inventory EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances)

#### 15.2.2. National regulations

<b>Hydrogen, compressed (1333-74-0)</b>
Listed on the AICS (Australian Inventory of Chemical Substances) Listed on IECSC (Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China) Listed on the Korean ECL (Existing Chemicals List) Listed on NZIoC (New Zealand Inventory of Chemicals) Listed on PICCS (Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances) Listed on INSQ (Mexican National Inventory of Chemical Substances)

### 15.3. US State regulations

<b>Hydrogen, compressed(1333-74-0)</b>	
U.S. - California - Proposition 65 - Carcinogens List	No
U.S. - California - Proposition 65 - Developmental Toxicity	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Female	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Male	No
State or local regulations	U.S. - Massachusetts - Right To Know List U.S. - New Jersey - Right to Know Hazardous Substance List U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) List

California Proposition 65 - This product does not contain any substances known to the state of California to cause cancer, developmental and/or reproductive harm

<b>Hydrogen (1333-74-0)</b>				
U.S. - California - Proposition 65 - Carcinogens List	U.S. - California - Proposition 65 - Developmental Toxicity	U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Female	U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Male	Non-significant risk level (NSRL)
No	No	No	No	

<b>Hydrogen (1333-74-0)</b>				
U.S. - Massachusetts - Right To Know List U.S. - New Jersey - Right to Know Hazardous Substance List U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) List				

# Hydrogen, compressed

## Safety Data Sheet P-4604

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1980    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 06/03/2015

### SECTION 16: Other information

#### Other information

: When you mix two or more chemicals, you can create additional, unexpected hazards. Obtain and evaluate the safety information for each component before you produce the mixture. Consult an industrial hygienist or other trained person when you evaluate the end product. Before using any plastics, confirm their compatibility with this product

Praxair asks users of this product to study this SDS and become aware of the product hazards and safety information. To promote safe use of this product, a user should (1) notify employees, agents, and contractors of the information in this SDS and of any other known product hazards and safety information, (2) furnish this information to each purchaser of the product, and (3) ask each purchaser to notify its employees and customers of the product hazards and safety information

The opinions expressed herein are those of qualified experts within Praxair, Inc. We believe that the information contained herein is current as of the date of this Safety Data Sheet. Since the use of this information and the conditions of use are not within the control of Praxair, Inc, it is the user's obligation to determine the conditions of safe use of the product

Praxair SDSs are furnished on sale or delivery by Praxair or the independent distributors and suppliers who package and sell our products. To obtain current SDSs for these products, contact your Praxair sales representative, local distributor, or supplier, or download from [www.praxair.com](http://www.praxair.com). If you have questions regarding Praxair SDSs, would like the document number and date of the latest SDS, or would like the names of the Praxair suppliers in your area, phone or write the Praxair Call Center (Phone: 1-800-PRAXAIR/1-800-772-9247; Address: Praxair Call Center, Praxair, Inc, P.O. Box 44, Tonawanda, NY 14151-0044)

PRAXAIR and the Flowing Airstream design are trademarks or registered trademarks of Praxair Technology, Inc. in the United States and/or other countries.

#### NFPA health hazard

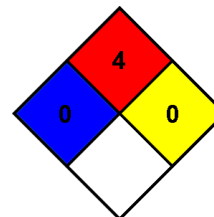
: 0 - Exposure under fire conditions would offer no hazard beyond that of ordinary combustible materials.

#### NFPA fire hazard

: 4 - Will rapidly or completely vaporize at normal pressure and temperature, or is readily dispersed in air and will burn readily.

#### NFPA reactivity

: 0 - Normally stable, even under fire exposure conditions, and are not reactive with water.



#### HMIS III Rating

##### Health

: 0 Minimal Hazard - No significant risk to health

##### Flammability

: 4 Severe Hazard

##### Physical

: 3 Serious Hazard

SDS US (GHS HazCom 2012) - Praxair

*This information is based on our current knowledge and is intended to describe the product for the purposes of health, safety and environmental requirements only. It should not therefore be construed as guaranteeing any specific property of the product.*



# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### SECTION: 1. Product and company identification

#### 1.1. Product identifier

Product form : Substance  
Name : Hydrogen, refrigerated liquid  
CAS No : 1333-74-0  
Formula : H<sub>2</sub>  
Other means of identification : Hydrogen (cryogenic liquid)

#### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/mixture : Industrial use. Use as directed.

#### 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Praxair, Inc.  
10 Riverview Drive  
Danbury, CT 06810-6268 - USA  
T 1-800-772-9247 (1-800-PRAXAIR) - F 1-716-879-2146  
[www.praxair.com](http://www.praxair.com)

#### 1.4. Emergency telephone number

Emergency number : Onsite Emergency: 1-800-645-4633

CHEMTREC, 24hr/day 7days/week  
— Within USA: 1-800-424-9300, Outside USA: 001-703-527-3887  
(collect calls accepted, Contract 17729)

### SECTION 2: Hazard identification

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

##### GHS-US classification

Flam. Gas 1 H220  
Refrigerated liquefied gas H281

#### 2.2. Label elements

##### GHS-US labeling

Hazard pictograms (GHS-US) :



Signal word (GHS-US) :

DANGER

Hazard statements (GHS-US) :

H220 - **EXTREMELY FLAMMABLE GAS**  
H281 - CONTAINS REFRIGERATED GAS; MAY CAUSE CRYOGENIC BURNS OR INJURY  
OSHA-H01 - MAY DISPLACE OXYGEN AND CAUSE RAPID SUFFOCATION  
CGA-HG04 - MAY FORM EXPLOSIVE MIXTURES WITH AIR  
CGA-HG08 - BURNS WITH INVISIBLE FLAME

Precautionary statements (GHS-US) :

P202 - Do not handle until all safety precautions have been read and understood  
P210 - Keep away from Heat, Open flames, Sparks. - No smoking  
P271+P403 - Use and store only outdoors or in a well-ventilated place  
P282 - Wear cold insulating gloves/face shield/eye protection. cold insulating gloves, protective clothing, face shield, eye protection  
P377 - Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely  
P381 - Eliminate all ignition sources if safe to do so  
CGA-PG05 - Use a back flow preventive device in the piping  
CGA-PG24 - DO NOT change or force fit connections  
CGA-PG06 - Close valve after each use and when empty



# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 01/15/2015

CGA-PG26 - Use insulated hoses and piping to avoid condensation of oxygen-rich liquid air  
CGA-PG23 - Always keep container in upright position

### 2.3. Other hazards

Other hazards not contributing to the classification : Contact with liquid may cause cold burns/frostbite  
Asphyxiant in high concentrations.

### 2.4. Unknown acute toxicity (GHS US)

No data available

## SECTION 3: Composition/Information on ingredients

### 3.1. Substance

Name	Product identifier	%
Hydrogen, refrigerated liquid (Main constituent)	(CAS No) 1333-74-0	100

### 3.2. Mixture

Not applicable

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1. Description of first aid measures

First-aid measures after inhalation : Remove victim to uncontaminated area wearing self contained breathing apparatus. Keep victim warm and rested. Call a doctor. Apply artificial respiration if breathing stopped. If not breathing, give artificial respiration, with supplemental oxygen given by qualified personnel. If breathing is difficult, qualified personnel should give oxygen. Call a physician.

First-aid measures after skin contact : The liquid may cause frostbite. For exposure to liquid, immediately warm frostbite area with warm water not to exceed 105°F (41°C). Water temperature should be tolerable to normal skin. Maintain skin warming for at least 15 minutes or until normal coloring and sensation have returned to the affected area. In case of massive exposure, remove clothing while showering with warm water. Seek medical evaluation and treatment as soon as possible.

First-aid measures after eye contact : Immediately flush eyes thoroughly with water for at least 15 minutes. Hold the eyelids open and away from the eyeballs to ensure that all surfaces are flushed thoroughly. Contact an ophthalmologist immediately.. Get immediate medical attention.

First-aid measures after ingestion : Ingestion is not considered a potential route of exposure.

### 4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

No additional information available

### 4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

None.

## SECTION 5: Firefighting measures

### 5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media : Carbon dioxide, Dry chemical, Water spray or fog.

### 5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Fire hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE, EXTREMELY COLD CRYOGENIC LIQUID AND GAS.** The hydrogen flame is nearly invisible. Hydrogen has a low ignition energy; escaping hydrogen gas may ignite spontaneously. A fireball forms if the gas cloud ignites immediately after release. Hydrogen forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.

Explosion hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE GAS.** Forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.

Reactivity : No reactivity hazard other than the effects described in sub-sections below.

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### 5.3. Advice for firefighters

Firefighting instructions	<p>: DANGER! Extremely cold, flammable liquefied gas. Take care not to direct spray onto vents on top of container. Do not discharge sprays into liquid hydrogen. Liquid hydrogen can freeze water rapidly. If flames are accidentally extinguished, explosive re-ignition may occur. All personnel, including fire and rescue workers, should leave the area immediately. Re-approach with extreme caution. When containers have cooled, move them away from fire area if safe to do so</p> <p>If venting or leaking gas catches fire, do not extinguish flames. Flammable vapors may spread from leak, creating an explosive reignition hazard. Vapors can be ignited by pilot lights, other flames, smoking, sparks, heaters, electrical equipment, static discharge, or other ignition sources at locations distant from product handling point. Explosive atmospheres may linger. Before entering an area, especially a confined area, check the atmosphere with an appropriate device</p> <p>Evacuate all personnel from the danger area. Use self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective clothing. Immediately cool containers with water from maximum distance. Stop flow of gas if safe to do so, while continuing cooling water spray. Remove ignition sources if safe to do so. Remove containers from area of fire if safe to do so. On-site fire brigades must comply with OSHA 29 CFR 1910.156 and applicable standards under 29 CFR 1910 Subpart L—Fire Protection.</p>
Special protective equipment for fire fighters	: Standard protective clothing and equipment (Self Contained Breathing Apparatus) for fire fighters.
Specific methods	: Use fire control measures appropriate for the surrounding fire. Exposure to fire and heat radiation may cause gas containers to rupture. Cool endangered containers with water spray jet from a protected position. Prevent water used in emergency cases from entering sewers and drainage systems.
Other information	: Cryogenic liquid causes severe frostbite, a burn-like injury. Heat of fire can build pressure in a closed container and cause it to rupture. Venting vapors may obscure visibility. Air will condense on surfaces such as vaporizers or piping exposed to liquid or cold gas. Nitrogen, which has a lower boiling point than oxygen, evaporates first, leaving an oxygen-enriched condensate.

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

General measures	<p>: EXTREMELY COLD, FLAMMABLE LIQUEFIED GAS. FORMS EXPLOSIVE MIXTURES WITH AIR. (See section 5.) Immediately evacuate all personnel from danger area. Liquid hydrogen will condense moisture in the atmosphere, producing a vapor cloud. The zone of flammability may extend beyond this cloud, so personnel should be evacuated well beyond any visible moisture. Avoid contact with cold liquid, vapor, or frosty condensation. Liquid hydrogen can freeze air, oxygen, and other gases. Contact with liquid or solid gases can cause severe frostbite, a burn-like injury. (See section 2.) Flammable gas may spread from leak. Approach suspected leak area with caution. Before entering area, especially confined areas, check atmosphere with an appropriate device. Self-contained breathing apparatus and protective clothing may be required by rescue workers. Remove all sources of ignition if without risk. Reduce gas with fog or fine water spray. Shut off flow if without risk. Ventilate area or move container to a well-ventilated area.</p>
6.1.1. For non-emergency personnel	No additional information available
6.1.2. For emergency responders	No additional information available

### 6.2. Environmental precautions

Prevent waste from contaminating the surrounding environment. Prevent soil and water pollution. Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Contact supplier for any special requirements.

### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

No additional information available

### 6.4. Reference to other sections

See also sections 8 and 13.

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### SECTION 7: Handling and storage

#### 7.1. Precautions for safe handling

Precautions for safe handling : PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING: Do not get liquid in eyes, on skin, or on clothing. Keep away from heat, flame, and sparks. Never allow any unprotected part of your body to touch uninsulated pipes or vessels containing cryogenic fluids. Flesh will stick to the extremely cold metal and will tear when you try to pull free. For liquid withdrawal, wear face shield and cryogenic gloves (see section 8). Air will condense on exposed liquid or cold-gas surfaces such as vaporizers and piping. Nitrogen, which has a lower boiling point than oxygen, will evaporate first, leaving oxygen-enriched condensation on the surface. To prevent possible ignition of grease, oil, or other combustibles, keep all areas of potential condensation free of these substances. Use only spark-proof tools and explosion-proof equipment. Use a suitable hand truck for container movement. Cryogenic containers must be handled and stored in an upright position. Do not drop or tip containers, or roll them on their sides. Hydrogen is the lightest known gas. It may leak out of systems that are air-tight for other gases and may collect in poorly ventilated upper reaches of buildings. All piped hydrogen systems and associated equipment must be grounded. Electrical equipment must be non-sparking or explosion-proof. Leak check system with soapy water; never use a flame. If valve is hard to open, discontinue use and contact your supplier. For other precautions in using hydrogen, see section 16.

#### 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions : Store only where temperature will not exceed 125°F (52°C). Post "No Smoking/No Open Flames" signs in storage and use areas. There must be no sources of ignition. Separate packages and protect against potential fire and/or explosion damage following appropriate codes and requirements (e.g., NFPA 30, NFPA 55, NFPA 70, and/or NFPA 221 in the U.S.) or according to requirements determined by the Authority Having Jurisdiction (AHJ). Always secure containers upright to keep them from falling or being knocked over. Install valve protection cap, if provided, firmly in place by hand when the container is not in use. Store full and empty containers separately. Use a first-in, first-out inventory system to prevent storing full containers for long periods. For other precautions in using this product, see section 16.

#### 7.3. Specific end use(s)

None.

### SECTION 8: Exposure controls/personal protection

#### 8.1. Control parameters

Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)	
ACGIH	Not established
USA OSHA	Not established

#### 8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls : Use an explosion-proof local exhaust system. Local exhaust and general ventilation must be adequate to meet exposure standards. **MECHANICAL (GENERAL): Inadequate - Use only in a closed system.** Use explosion proof equipment and lighting.

Hand protection : Cold-insulating gloves.

Eye protection : Wear safety glasses with side shields.

Skin and body protection : Wear loose-fitting, cryogenic gloves, metatarsal shoes for container handling, and protective clothing where needed. Cuffless trousers should be worn outside the shoes. Gloves must be free of oil and grease. Select in accordance with OSHA 29 CFR 1910.132, 1910.136, and 1910.138.

Respiratory protection : An air-supplied respirator must be used while working with this product in confined spaces. The respiratory protection used must conform with OSHA rules as specified in 29 CFR 1910.134. Select per OSHA 29 CFR 1910.134 and ANSI Z88.2.

Thermal hazard protection : Wear cold insulating gloves. Wear cold insulating gloves when transfilling or breaking transfer connections.

Environmental exposure controls : The substance is not classified for human health hazards or for environment effects and it is not PBT or vPvB so that no exposure assessment or risk characterization is required. For tasks where the intervention of workers is required, the substance must be handled in accordance with good industrial hygiene and safety procedures.

Other information : Consider the use of flame resistant anti-static safety clothing. Wear safety shoes while handling containers.

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 01/15/2015

### SECTION 9: Physical and chemical properties

#### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state	: Gas
Appearance	: Colorless gas.
Molecular mass	: 2 g/mol
Color	: Colorless.
Odor	: Odorless.
Odor threshold	: No data available
pH	: Not applicable.
Relative evaporation rate (butyl acetate=1)	: No data available
Relative evaporation rate (ether=1)	: Not applicable.
Melting point	: -259 °C
Freezing point	: No data available
Boiling point	: -252.9 °C
Flash point	: Not available
Critical temperature	: -239.9 °C
Auto-ignition temperature	: 566 °C
Decomposition temperature	: No data available
Flammability (solid, gas)	: 4 - 75 vol %
Vapor pressure	: Not applicable.
Critical pressure	: 1293 kPa
Relative vapor density at 20 °C	: No data available
Relative density	: 0.07
Density	: 70.96 kg/m <sup>3</sup>
Relative gas density	: 0.07
Solubility	: Water: 1.6 mg/l
Log Pow	: Not applicable.
Log Kow	: Not applicable.
Viscosity, kinematic	: Not applicable.
Viscosity, dynamic	: Not applicable.
Explosive properties	: Not applicable.
Oxidizing properties	: None.
Explosion limits	: Not applicable.

#### 9.2. Other information

Gas group	: Refrigerated liquefied gas
Additional information	: BURNS WITH INVISIBLE FLAME

### SECTION 10: Stability and reactivity

#### 10.1. Reactivity

No reactivity hazard other than the effects described in sub-sections below.

#### 10.2. Chemical stability

Stable under normal conditions.

#### 10.3. Possibility of hazardous reactions

Can form explosive mixture with air. May react violently with oxidants.

#### 10.4. Conditions to avoid

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. – No smoking.

#### 10.5. Incompatible materials

Oxidizing agent. Lithium. Halogens.

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### 10.6. Hazardous decomposition products

Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

## SECTION 11: Toxicological information

### 11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity : Not classified

Hydrogen, refrigerated liquid ( 1333-74-0	
LC50 inhalation rat (ppm)	> 15000 ppm/1h

Skin corrosion/irritation : Not classified  
pH: Not applicable.

Serious eye damage/irritation : Not classified  
pH: Not applicable.

Respiratory or skin sensitization : Not classified

Germ cell mutagenicity : Not classified

Carcinogenicity : Not classified

Reproductive toxicity : Not classified

Specific target organ toxicity (single exposure) : Not classified

Specific target organ toxicity (repeated exposure) : Not classified

Aspiration hazard : Not classified

## SECTION 12: Ecological information

### 12.1. Toxicity

Ecology - general : No ecological damage caused by this product.

### 12.2. Persistence and degradability

Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)	
Persistence and degradability	No ecological damage caused by this product.

### 12.3. Bioaccumulative potential

Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)	
BCF fish 1	(no bioaccumulation expected)
Log Pow	Not applicable.
Log Kow	Not applicable.
Bioaccumulative potential	No ecological damage caused by this product.

### 12.4. Mobility in soil

Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)	
Mobility in soil	No data available.
Ecology - soil	No ecological damage caused by this product.

### 12.5. Other adverse effects

Other adverse effects : Can cause frost damage to vegetation.

Effect on ozone layer : None

Effect on the global warming : No known effects from this product

## SECTION 13: Disposal considerations

### 13.1. Waste treatment methods

Waste disposal recommendations : Do not attempt to dispose of residual or unused quantities. Return container to supplier.

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### SECTION 14: Transport information

In accordance with DOT

Transport document description : UN1966 Hydrogen, refrigerated liquid, 2.1  
UN-No.(DOT) : UN1966  
Proper Shipping Name (DOT) : Hydrogen, refrigerated liquid  
Class (DOT) : 2.1 - Class 2.1 - Flammable gas 49 CFR 173.115  
Hazard labels (DOT) : 2.1 - Flammable gas



DOT Special Provisions (49 CFR 172.102) : T75 - When portable tank instruction T75 is referenced in Column (7) of the 172.101 Table, the applicable refrigerated liquefied gases are authorized to be transported in portable tanks in accordance with the requirements of 178.277 of this subchapter  
TP5 - For a portable tank used for the transport of flammable refrigerated liquefied gases or refrigerated liquefied oxygen, the maximum rate at which the portable tank may be filled must not exceed the liquid flow capacity of the primary pressure relief system rated at a pressure not exceeding 120 percent of the portable tank's design pressure. For portable tanks used for the transport of refrigerated liquefied helium and refrigerated liquefied atmospheric gas (except oxygen), the maximum rate at which the tank is filled must not exceed the liquid flow capacity of the pressure relief device rated at 130 percent of the portable tank's design pressure. Except for a portable tank containing refrigerated liquefied helium, a portable tank shall have an outage of at least two percent below the inlet of the pressure relief device or pressure control valve, under conditions of incipient opening, with the portable tank in a level attitude. No outage is required for helium

#### Additional information

Emergency Response Guide (ERG) Number : 115 (UN1966)  
Other information : No supplementary information available.  
Special transport precautions : Avoid transport on vehicles where the load space is not separated from the driver's compartment. Ensure vehicle driver is aware of the potential hazards of the load and knows what to do in the event of an accident or an emergency. Before transporting product containers:  
- Ensure there is adequate ventilation. - Ensure that containers are firmly secured. - Ensure cylinder valve is closed and not leaking. - Ensure valve outlet cap nut or plug (where provided) is correctly fitted. - Ensure valve protection device (where provided) is correctly fitted.

#### Transport by sea

UN-No. (IMDG) : 1966  
Proper Shipping Name (IMDG) : HYDROGEN, REFRIGERATED LIQUID  
Class (IMDG) : 2 - Gases  
MFAG-No : 115

#### Air transport

UN-No. (IATA) : 1966  
Proper Shipping Name (IATA) : Hydrogen, refrigerated liquid  
Class (IATA) : 2  
Civil Aeronautics Law : Gases under pressure/Gases flammable under pressure

### SECTION 15: Regulatory information

#### 15.1. US Federal regulations

##### Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)

Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) inventory

SARA Section 311/312 Hazard Classes	Fire hazard Sudden release of pressure hazard Immediate (acute) health hazard
-------------------------------------	---

# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981    Revision date: 10/17/2016    Supersedes: 01/15/2015

### Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)

All components of this product are listed on the Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory.

This product or mixture does not contain a toxic chemical or chemicals in excess of the applicable de minimis concentration as specified in 40 CFR §372.38(a) subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR Part 372.

## 15.2. International regulations

### CANADA

#### Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)

Listed on the Canadian DSL (Domestic Substances List)

## EU-Regulations

#### Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)

Listed on the EEC inventory EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances)

## 15.2.2. National regulations

#### Hydrogen, refrigerated liquid (1333-74-0)

Listed on the AICS (Australian Inventory of Chemical Substances)  
Listed on IECSC (Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China)  
Listed on the Korean ECL (Existing Chemicals List)  
Listed on NZIoC (New Zealand Inventory of Chemicals)  
Listed on PICCS (Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances)  
Listed on INSQ (Mexican National Inventory of Chemical Substances)

## 15.3. US State regulations

#### Hydrogen, refrigerated liquid(1333-74-0)

U.S. - California - Proposition 65 - Carcinogens List	No
U.S. - California - Proposition 65 - Developmental Toxicity	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Female	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Male	No
State or local regulations	U.S. - Massachusetts - Right To Know List U.S. - New Jersey - Right to Know Hazardous Substance List U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) List

California Proposition 65 - This product does not contain any substances known to the state of California to cause cancer, developmental and/or reproductive harm



# Hydrogen, refrigerated liquid

## Safety Data Sheet P-4603

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1981 Revision date: 10/17/2016 Supersedes: 01/15/2015

### SECTION 16: Other information

#### Other information

: When you mix two or more chemicals, you can create additional, unexpected hazards. Obtain and evaluate the safety information for each component before you produce the mixture. Consult an industrial hygienist or other trained person when you evaluate the end product. Before using any plastics, confirm their compatibility with this product

Praxair asks users of this product to study this SDS and become aware of the product hazards and safety information. To promote safe use of this product, a user should (1) notify employees, agents, and contractors of the information in this SDS and of any other known product hazards and safety information, (2) furnish this information to each purchaser of the product, and (3) ask each purchaser to notify its employees and customers of the product hazards and safety information

The opinions expressed herein are those of qualified experts within Praxair, Inc. We believe that the information contained herein is current as of the date of this Safety Data Sheet. Since the use of this information and the conditions of use are not within the control of Praxair, Inc, it is the user's obligation to determine the conditions of safe use of the product

Praxair SDSs are furnished on sale or delivery by Praxair or the independent distributors and suppliers who package and sell our products. To obtain current SDSs for these products, contact your Praxair sales representative, local distributor, or supplier, or download from [www.praxair.com](http://www.praxair.com). If you have questions regarding Praxair SDSs, would like the document number and date of the latest SDS, or would like the names of the Praxair suppliers in your area, phone or write the Praxair Call Center (Phone: 1-800-PRAXAIR/1-800-772-9247; Address: Praxair Call Center, Praxair, Inc, P.O. Box 44, Tonawanda, NY 14151-0044)

PRAXAIR and the Flowing Airstream design are trademarks or registered trademarks of Praxair Technology, Inc. in the United States and/or other countries.

#### NFPA health hazard

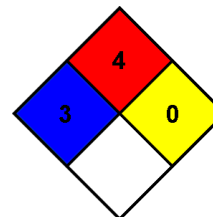
: 3 - Short exposure could cause serious temporary or residual injury even though prompt medical attention was given.

#### NFPA fire hazard

: 4 - Will rapidly or completely vaporize at normal pressure and temperature, or is readily dispersed in air and will burn readily.

#### NFPA reactivity

: 0 - Normally stable, even under fire exposure conditions, and are not reactive with water.



#### HMIS III Rating

Health : 3 Serious Hazard - Major injury likely unless prompt action is taken and medical treatment is given

Flammability : 4 Severe Hazard

Physical : 1 Slight Hazard

SDS US (GHS HazCom 2012) - Praxair

*This information is based on our current knowledge and is intended to describe the product for the purposes of health, safety and environmental requirements only. It should not therefore be construed as guaranteeing any specific property of the product.*



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 25.05.2017

Versión 1.6

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	845119
Denominación	Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth@plus
Número de registro REACH	Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producción farmacéutica, Producto químico para síntesis Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ( <a href="http://www.merckgroup.com">www.merckgroup.com</a> ; for USA/Canada <a href="http://www.emdgroup.com">www.emdgroup.com</a> ).
--------------------	--

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: <a href="mailto:prodsafe@merckgroup.com">prodsafe@merckgroup.com</a>

#### 1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 Nocivo en caso de ingestión.

EUH031 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

Contiene: Sodio hidrogenosulfito

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

Naturaleza química

Solución acuosa

### 3.1 Sustancia

No aplicable

### 3.2 Mezcla

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS      Número de registro      Clasificación

Sodio hidrogenosulfito ( $\geq 25\%$  -  $< 50\%$ )

7631-90-5      \*)

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Tos, Insuficiencia respiratoria, dolores de estómago, Diarrea, Náusea, efectos sobre el sistema cardiovascular, Dolor de cabeza

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

---

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## *Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

## *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

Óxidos de azufre

### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

#### *Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

#### *Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

### **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza**

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemizorb® H<sup>+</sup> (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

## 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

*Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

*Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

### *Sodio hidrogenosulfito (7631-90-5)*

VLA (ES)	Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA- ED)	5 mg/m3
----------	---	---------

## Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

#### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Latex natural
Espesor del guante:	0,6 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

tiempo de penetración: > 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 706 Lapren® (Sumerción), KCL 741 Dermatril® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

prendas de protección

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro B-(P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	picante

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

Umbral olfativo No hay información disponible.

pH 4,5  
a 20 °C

Punto de fusión -44 °C

Punto de ebullición No hay información disponible.

Punto de inflamación No aplicable

Tasa de evaporación No hay información disponible.

Inflamabilidad (sólido, gas) No hay información disponible.

Límite de explosión, inferior No aplicable

Límite superior de explosividad No aplicable

Presión de vapor 40 hPa  
a 20 °C

Densidad relativa del vapor No hay información disponible.

Densidad aprox. 1,34 g/cm<sup>3</sup>  
a 20 °C

Densidad relativa No hay información disponible.

Solubilidad en agua a 20 °C  
soluble

Coeficiente de reparto n-octanol/agua No hay información disponible.

Temperatura de auto-inflamación No hay información disponible.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

Temperatura de descomposición > 150 °C

Viscosidad, dinámica 4,3 mPa.s  
a 20 °C

Propiedades explosivas No clasificado/a como explosivo/a.

Propiedades comburentes ningún

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición No aplicable

Densidad aparente No aplicable

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Oxidantes

Con las siguientes sustancias existe peligro de explosión y/o de formación de gases tóxicos:

ácidos

Reacción exotérmica con:

nitritos, Peróxidos

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## 10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### Mezcla

##### *Toxicidad oral aguda*

Síntomas: Irritaciones de las mucosas en la boca, garganta, esófago y tracto estomago-intestinal.

absorción

Estimación de la toxicidad aguda: 1.282 mg/kg

Método de cálculo

##### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: Consecuencias posibles:, leves irritaciones de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria

##### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

##### *Irritación de la piel*

Consecuencias posibles: ligera irritación

##### *Irritación ocular*

Consecuencias posibles: ligera irritación

##### *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

##### *Mutagenicidad en células germinales*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

## *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

## 11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Tras ingestión de grandes cantidades:

Náusea, Dolor de cabeza, efectos sobre el sistema cardiovascular, dolores de estómago,

Diarrea, Pulmonía

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

## Componentes

### *Sodio hidrogenosulfito*

#### *Toxicidad oral aguda*

Estimación de la toxicidad aguda: 500,1 mg/kg

Juicio de expertos

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### Mezcla

#### 12.1 Toxicidad

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## *Toxicidad para los peces*

CL50 *Gambusia affinis* (Pez mosquito): 240 mg/l; 96 h  
(referido a la sustancia pura) (Base de datos ECOTOX)

## *Toxicidad para las algas*

IC0 *Scenedesmus quadricauda* (alga verde): 8,2 mg/l; 30 min  
(referido a la sustancia pura) (IUCLID)

## **12.2 Persistencia y degradabilidad**

### *Biodegradabilidad*

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

## **12.3 Potencial de bioacumulación**

No hay información disponible.

## **12.4 Movilidad en el suelo**

No hay información disponible.

## **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

La(s) sustancia(s) en la mezcla no cumplen los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.

## **12.6 Otros efectos adversos**

### *Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

## **Componentes**

### *Sodio hidrogenosulfito*

No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 2693

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas Hidrogenosulfito en solución acuosa, n.e.p. (SODIUM BISULPHITE SOLUTION)

Unidas

14.3 Clase 8

14.4 Grupo de embalaje III

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares si

para los usuarios

Código de restricciones en túneles E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	845119
Nombre del producto	Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

14.1 Número ONU	UN 2693
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	BISULPHITES, AQUEOUS SOLUTION, N.O.S. (SODIUM BISULPHITE SOLUTION)
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 2693
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	BISULPHITES, AQUEOUS SOLUTION, N.O.S. (SODIUM BISULPHITE SOLUTION)
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-A S-B

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Alemania	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1\%$  p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento 8B

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 845119

Nombre del producto Sodio hidrogenosulfito (solución al 39% en agua) Msynth®plus

---

## Etiquetado

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Atención

*Indicaciones de peligro*

H302 Nocivo en caso de ingestión.

EUH031 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

Contiene: Sodio hidrogenosulfito

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

---

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 02.05.2017

Version 7.1

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 101799

Denominación Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

Número de registro REACH Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Análisis químico, Producción química  
En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: prodsafe@merckgroup.com

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Líquido comburente, Categoría 3, H272

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

101799

Nombre del producto

Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

## 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

EUH071 Corrosivo para las vías respiratorias.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

**Etiquetado reducido (≤125 ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

## Indicaciones de peligro

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

## Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

Naturaleza química Solución acuosa

### 3.1 Sustancia

No aplicable

### 3.2 Mezcla

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

### Nombre químico (Concentración)

No. CAS Número de registro Clasificación

Ácido nítrico ( $\geq 65\%$  -  $< 99\%$ )

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.

7697-37-2 01-2119487297-23-

XXXX

Líquido comburente, Categoría 2, H272

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

## *Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!).

Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

## **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria, Vómito sanguinolento, muerte, ¡Riesgo de ceguera!

Para nitritos/nitratos en general: methemoglobinemia tras absorción de grandes cantidades.

## **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

No hay información disponible.

---

## **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

### **5.1 Medios de extinción**

#### *Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

#### *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

No combustible.

Favorece la formación de incendios por desprendimiento de oxígeno.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

gases nitrosos, óxidos de nitrógeno

## 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo solo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Enfriar los contenedores cerrados expuestos al fuego con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia. No respirar los vapores, aerosoles. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemisorb® H<sup>+</sup> (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

#### *Exigencias técnicas para almacenes y recipientes*

No usar recipientes de metálicos o metales ligeros.

#### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. No almacenar cerca de materiales combustibles.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Víase el escenario de exposición en el anexo de esta FDS.

---

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

## Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

### Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

#### Ácido nítrico (7697-37-2)

EU ELV	Límite Permissible	1 ppm	
	Temporal:	2,6 mg/m <sup>3</sup>	

VLA (ES)	Valor Límite Ambiental-	1 ppm	
	Exposición de Corta	2,6 mg/m <sup>3</sup>	
	Duración (VLA-EC)		

## Nivel sin efecto derivado (DNEL)

### Ácido nítrico (7697-37-2)

DNEL trabajador, crónico	Efectos locales	inhalativo	1,3 mg/m <sup>3</sup>
-----------------------------	-----------------	------------	-----------------------

## Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

## Concentración prevista sin efecto (PNEC)

### Ácido nítrico (7697-37-2)

PNEC sin datos disponibles

## 8.2 Controles de la exposición

### Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

### Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debe aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

## *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

## *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	Viton (R)
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Latex natural
Espesor del guante:	0,6 mm
tiempo de penetración:	> 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 890 Vitoject® (Sumerción), KCL 706 Lapren® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

## *Otras medidas de protección*

Ropa protectora contra ácidos

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro E-(P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No tirar los residuos por el desagüe.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

---

## SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	picante
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	< 1 a 20 °C
Punto de fusión	-41 °C
Punto /intervalo de ebullición	122 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	No hay información disponible.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	No hay información disponible.
Límite superior de explosividad	No hay información disponible.
Presión de vapor	9,4 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Densidad 1,41 g/cm<sup>3</sup>  
a 20 °C

Densidad relativa No hay información disponible.

Solubilidad en agua a 20 °C  
soluble

Coefficiente de reparto n-  
octanol/agua No aplicable para sustancias inorgánicas

Temperatura de auto-  
inflamación No hay información disponible.

Temperatura de descomposición Destilable sin descomposición a presión normal.

Viscosidad, dinámica No hay información disponible.

Propiedades explosivas No clasificado/a como explosivo/a.

Propiedades comburentes La sustancia o mezcla se clasifica como oxidante con la categoría 3.

## 9.2 Otros datos

Corrosión Puede ser corrosivo para los metales.

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

oxidante enérgico

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Acetona, acetonitrilo, acetiluros, Alcoholes, Anilina, hidruro de antimonio, hidruro de arsénico, Sustancias Orgánicas, Benceno, fosfuros, anilinas, Aminas, Hidrocarburo halogenado, Eter dietílico, dimetil éter, hidracinas, Nitrocompuestos, Sulfuros, Dioxano, ácido acético, Anhídrido acético, etanol, Etilenglicol, Flúor, formaldehído, goma, aceites, Hidrato de hidrazina, Hidrocarburos, Cobre, litio siliciuro, disolventes orgánicos, Manganeso, Cianuros, Metales en polvo, Metanol, Gasolina, Tricloruro de fósforo, hidrógeno de fósforo, anhídridos, Agentes reductores, dióxido de azufre, Borano, tiocianatos, Titanio, Tolueno, Impurezas, Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, Estapa, azúcar, xileno, diclorometano, carbono/hollín

clorato de potasio, con, Sustancias Orgánicas

mercurio(II) nitrato, con, etanol

Sustancias Orgánicas, con, Ácido sulfúrico

Nitrobenceno, con, Ácido sulfúrico

permanganato de potasio, con, Alcoholes

glicerina, con, Ácido sulfúrico

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Aminas, Amoníaco, sustancias inflamables, Aldehídos, Alcohol furfúrico, yoduro de hidrógeno, Potasio, Litio, magnesio, fosfuros, sodio, hidruros, fósforo, piridina, hidrógeno sulfuro, Tiofeno

Posibles reacciones violentas con:

Nitrilos, antimonio, arsénico, Boro, hierro óxido, Alcalis, hipoclorito sódico, ácido fórmico, halogenuros de halógeno, Germanio, glicerina, nitruros, Solución de hidróxido de sodio, hidróxido sódico, Ácido sulfúrico, selenio, Bismuto, cloratos

## 10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

## 10.5 Materiales incompatibles

Celulosa, Metales

Al contacto con metales pueden formarse gases nitrosos e hidrógeno.

## 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### Mezcla

##### *Toxicidad oral aguda*

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago.

##### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: quemaduras de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles: perjudica las vías respiratorias, Tras tiempo de latencia: Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio.

##### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

##### *Irritación de la piel*

Mezcla provoca quemaduras graves.

##### *Irritación ocular*

Mezcla provoca lesiones oculares graves. ¡Riesgo de ceguera!

##### *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

##### *Mutagenicidad en células germinales*

Esta información no está disponible.

##### *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

##### *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

##### *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

##### *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

## *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

## 11.2 Otros datos

Tras administración:

Vómito sanguinolento, fuertes dolores (¡Riesgo de perforación!), lesiones del tejido, muerte

Para nitritos/nitratos en general: methemoglobinemia tras absorción de grandes cantidades.

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

## Componentes

### *Ácido nítrico*

#### *Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Provoca quemaduras graves.

(IUCLID)

#### *Irritación ocular*

Conejo

Resultado: Provoca quemaduras.

(IUCLID)

#### *Mutagenicidad en células germinales*

##### *Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: OECD TG 471

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### Mezcla

## 12.1 Toxicidad

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

No hay información disponible.

## 12.2 Persistencia y degradabilidad

### *Biodegradabilidad*

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

## 12.3 Potencial de bioacumulación

### *Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

No aplicable para sustancias inorgánicas

## 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La(s) sustancia(s) en la mezcla no cumplen los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) n.º. 1907/2006, anexo XIII.

## 12.6 Otros efectos adversos

### *Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

Efecto perjudicial por desviación del pH. A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua. No produce consumo biológico de oxígeno. Peligroso para el agua potable.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

## Componentes

### *Ácido nítrico*

#### *Toxicidad para los peces*

CL50 *Gambusia affinis* (Pez mosquito): 72 mg/l; 96 h  
(IUCLID)

#### *Biodegradabilidad*

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

*Coeficiente de reparto n-octanol/agua*

log Pow: -2,3

Directrices de ensayo 107 del OECD

No es de esperar una bioacumulación.

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) n.º. 1907/2006, anexo XIII.

*Constante de Henry*

2482 Pa·m³/mol

Método: (calculado)

(Literatura) Se reparte preferentemente en el aire.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 2031
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Ácido nítrico
14.3 Clase	8 (5.1)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

14.1 Número ONU UN 2031

14.2 Designación oficial de  
transporte de las Naciones  
Unidas NITRIC ACID

14.3 Clase 8 (5.1)

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares  
para los usuarios si  
No está permitido para el transporte

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 2031

14.2 Designación oficial de  
transporte de las Naciones  
Unidas NITRIC ACID WITH AT LEAST 65% BUT NOT MORE THAN  
70%

14.3 Clase 8 (5.1)

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares  
para los usuarios si

EmS F-A S-Q

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la  
sustancia o la mezcla

### Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de SEVESO III

Accidente Importante LNQUIDOS Y SÓLIDOS COMBURENTES

Aleman P8

Cantidad 1: 50 t

Cantidad 2: 200 t

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1\%$  p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## Legislación nacional

Clase de almacenamiento 5.1B

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H272	Puede agravar un incendio; comburente.
H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

101799

Nombre del producto

Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

## Etiquetado

### *Pictogramas de peligro*



### *Palabra de advertencia*

Peligro

### *Indicaciones de peligro*

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

EUH071 Corrosivo para las vías respiratorias.

### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

#### Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |  
www.merck.es

---

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial (Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU 9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC1* Fabricación de sustancias
- ERC2* Formulación de preparados
- ERC4* Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

	de artículos
<i>ERC6a</i>	Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)
<i>ERC6b</i>	Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC1, ERC2, ERC4, ERC6a, ERC6b

#### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.
------	---

### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, moderadamente volátil
Temperatura de procesos	< 31 °C

#### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

#### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al interior	Zona interior sin aspiración local (LEV)
---------------------------	--

#### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados (probados de acuerdo a EN374), mono y protección para los ojos.

### 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC2, PROC3

#### Características del producto

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en [www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido, moderadamente volátil

Temperatura de procesos < 31 °C

## Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso 8 horas / día

Frecuencia de uso 5 días / semana

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Zona interior con aspiración local (LEV)

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados (probados de acuerdo a EN374), mono y protección para los ojos.

Llevar equipo de protección respiratoria. Eficacia (de una medida): 90 %

---

## 2.4 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC4, PROC5, PROC8a, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido, moderadamente volátil

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso 8 horas / día

Frecuencia de uso 5 días / semana

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Zona interior con aspiración local (LEV)

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en [www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

Utilice guantes adecuados (probados de acuerdo a EN374), mono y protección para los ojos.

Llevar equipo de protección respiratoria. Eficacia (de una medida): 95 %

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC1, ERC2, ERC4, ERC6a, ERC6b		Todos los compartimentos		Evaluación cualitativa

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.2	PROC1	larga duración, inhalatorio, local	0,02	MEASE
2.3	PROC2	larga duración, inhalatorio, local	0,10	MEASE
2.3	PROC3	larga duración, inhalatorio, local	0,25	MEASE
2.4	PROC4	larga duración, inhalatorio, local	0,20	MEASE
2.4	PROC5	larga duración, inhalatorio, local	0,50	MEASE
2.4	PROC8a	larga duración, inhalatorio, local	< 1	MEASE
2.4	PROC8b	larga duración, inhalatorio, local	0,59	MEASE
2.4	PROC9	larga duración, inhalatorio, local	0,50	MEASE
2.4	PROC10	larga duración, inhalatorio, local	< 1	MEASE
2.4	PROC15	larga duración, inhalatorio, local	0,10	MEASE

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

### 1. Uso profesional Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ambito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC1, ERC2, ERC4, ERC6a, ERC6b

#### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Agua Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

#### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

#### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.

Forma física (en el momento del uso) Líquido, moderadamente volátil

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	101799
Nombre del producto	Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

**Frecuencia y duración del uso**

Frecuencia de uso	8 horas / día
Frecuencia de uso	5 días / semana

**Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores**

Al exterior / Al Interior	Zona interior con aspiración local (LEV)
---------------------------	--

**Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud**

Utilice guantes adecuados (probados de acuerdo a EN374), mono y protección para los ojos.

Llevar equipo de protección respiratoria. Eficacia (de una medida): 80 %

**3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente**

**Medio Ambiente**

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC1, ERC2, ERC4, ERC6a, ERC6b		Todos los compartimentos		Evaluación cualitativa

**Trabajadores**

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.2	PROC15	larga duración, inhalatorio, local	< 1	MEASE

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

**4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición**

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 101799

Nombre del producto Ácido nítrico 69% p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur

---

safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 06.06.2017

Versión 18.2

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 112080

Denominación Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) n.º 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 7664-93-9

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Análisis químico, Producción química  
Análisis químico, Producción química  
Para informaciones adicionales a usos refírase al portal Merck Chemicals ([www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com); for USA/Canada [www.emdgroup.com](http://www.emdgroup.com)).  
En cumplimiento de las condiciones descritas en el anexo a esta hoja de datos de seguridad.

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC \* e-mail: [prodsafe@merckgroup.com](mailto:prodsafe@merckgroup.com)

#### 1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

**Etiquetado reducido (≤125 ml)**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

*Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

*No. Índice* 016-020-00-8

## 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> S (Hill)
No. Índice	016-020-00-8	
No. CE	231-639-5	
Masa molar	98,08 g/mol	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

No. CAS      Número de registro      Clasificación

ácido sulfúrico ( $\geq 50\%$  -  $\leq 100\%$ )

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) n.º. 1907/2006, anexo XIII.*

7664-93-9      01-2119458838-20-

XXXX

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!).

Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

¡Riesgo de ceguera!

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria

Náusea, Vómitos, Diarrea, dolores

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## **inmediatamente**

No hay información disponible.

---

## **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

### **5.1 Medios de extinción**

#### *Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

#### *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

Óxidos de azufre

### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

#### *Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo solo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

#### *Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada.

Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Equipo protector véase sección 8.

## 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

## 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemisorb® H<sup>+</sup> (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

## 6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta.

#### *Medidas de higiene*

Sustituir la ropa contaminada y sumergir en agua. Protección preventiva de la piel Lavar manos y cara al finalizar el trabajo.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

#### *Exigencias técnicas para almacenes y recipientes*

No usar recipientes metálicos.

#### *Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

### 7.3 Usos específicos finales

Véase el escenario de exposición en el anexo de esta FDS.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080  
Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

#### Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
<i>ácido sulfúrico (7664-93-9)</i>			
VLA (ES)	Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA- ED)	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Forma de exposición: Fracción torácica.

#### Nivel sin efecto derivado (DNEL)

##### *ácido sulfúrico (7664-93-9)*

DNEL trabajador, agudo	Efectos locales	inhalativo	0,1 mg/m <sup>3</sup>
DNEL trabajador, crónico	Efectos locales	inhalativo	0,05 mg/m <sup>3</sup>

#### Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

#### Concentración prevista sin efecto (PNEC)

##### *ácido sulfúrico (7664-93-9)*

PNEC Agua dulce	0,0025 mg/l
PNEC Sedimento de agua dulce	0,002 mg/kg
PNEC Agua de mar	0,00025 mg/l
PNEC Sedimento marino	0,002 mg/kg
PNEC sistema de depuración de aguas residuales	8,8 mg/l

### 8.2 Controles de la exposición

#### Medidas de ingeniería

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

## Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

### *Protección de los ojos / la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

### *Protección de las manos*

Sumergir:

Material del guante:	Viton (R)
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0,7 mm
tiempo de penetración:	> 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 890 Vitoject® (Sumergir), KCL 898 Butoject® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

### *Otras medidas de protección*

Ropa protectora contra ácidos

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## *Protección respiratoria*

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: filtro ABEK

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

## **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Líquido
Color	incoloro
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No aplicable
pH	0,3 a 49 g/l 25 °C
Punto de fusión	-20 °C
Punto /intervalo de ebullición	aprox. 335 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	No aplicable
Tasa de evaporación	No hay información disponible.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	No aplicable
Límite superior de explosividad	No aplicable
Presión de vapor	aprox.0,0001 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	aprox.3,4
Densidad	1,84 g/cm <sup>3</sup> a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C soluble, (¡Atención! Desprendimiento de calor)
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	No hay información disponible.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	aprox.24 mPa.s a 20 °C
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	Potencial comburente

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	No aplicable
-------------------------	--------------

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Densidad aparente	No aplicable
-------------------	--------------

Corrosión	Puede ser corrosivo para los metales.
-----------	---------------------------------------

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

oxidante enérgico

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Con las siguientes sustancias existe peligro de explosión y/o de formación de gases tóxicos:

Posibles reacciones violentas con:

Agua, Metales alcalinos, compuestos alcalinos, Amoníaco, Aldehídos, acetonitrilo, Metales alcalinotérreos, Alkalís, Ácidos, compuestos alcalinotérreos, Metales, aleaciones metálicas, Óxidos de fósforo, fósforo, hidruros, halogenuros de halógeno, halogenatos, permanganatos, nitratos, carburos, sustancias inflamables, solvente orgánico, acetiluros, Nitrilos, nitrocompuestos orgánicos, anilinas, Peróxidos, picratos, nitruros, litio siliciuro, compuestos ferrícos, bromatos, cloratos, Aminas, percloratos, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

### 10.5 Materiales incompatibles

tejidos de plantas/animales, Metales

El contacto con metales despiden gas de hidrógeno.

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

112080

Nombre del producto

Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### *Toxicidad oral aguda*

Esta información no está disponible.

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias

#### *Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible.

#### *Irritación de la piel*

Provoca quemaduras graves.

#### *Irritación ocular*

Provoca lesiones oculares graves.

¡Riesgo de ceguera!

#### *Sensibilización*

Esta información no está disponible.

#### *Mutagenicidad en células germinales*

Esta información no está disponible.

#### *Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible.

#### *Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible.

#### *Teratogenicidad*

Esta información no está disponible.

#### *Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única*

Esta información no está disponible.

#### *Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible.



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## *Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible.

### 11.2 Otros datos

Tras inhalación de aerosoles: lesión de las mucosas afectadas. Tras contacto con la piel: graves quemaduras con formación de costras. Tras contacto con los ojos: quemaduras, lesiones de la córnea. Tras ingestión: fuertes dolores (peligro de perforación!), malestar, vómitos y diarrea. Tras un periodo de latencia de algunas semanas, posibilidad de estrechamiento de la salida del estómago (estenosis del píloro).

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

No hay información disponible.

### 12.2 Persistencia y degradabilidad

No hay información disponible.

### 12.3 Potencial de bioacumulación

No hay información disponible.

### 12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

### 12.6 Otros efectos adversos

#### *Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua. Efecto perjudicial por desviación del pH. Peligro para el agua potable por filtración en suelos y acuíferos.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1830
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Ácido sulfúrico
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

14.1 Número ONU	UN 1830
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	SULPHURIC ACID
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

## Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1830
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	SULPHURIC ACID
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-A S-B

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC  
No relevante

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

### *Disposiciones legales de la CE*

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Aleman	

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Restricciones profesionales    Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias    no regulado  
que agotan la capa de ozono

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento    no regulado  
Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004  
sobre contaminantes orgánicos persistentes que  
modifica la Directiva 79/117/CEE

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)    Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ( $\geq 0,1$  % p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

## *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento    8B

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número

112080

Nombre del producto

Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## Etiquetado

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

*Consejos de prudencia*

Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

## Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: [SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com](mailto:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com) |

[www.merck.es](http://www.merck.es)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

---

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1 (Uso industrial)

---

### 1. Uso industrial (Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

- SU 3* Usos industriales: Usos de sustancias como tales o en preparados en emplazamientos industriales
- SU 9* Fabricación de productos químicos finos
- SU 10* Formulación [mezcla] de preparados y/ o reenvasado (sin incluir aleaciones)

#### Categoría de productos químicos

- PC19* Sustancias intermedias
- PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

- PROC1* Uso en procesos cerrados, exposición improbable
- PROC2* Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada
- PROC3* Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)
- PROC4* Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición
- PROC5* Mezclado en procesos por lotes para la formulación de preparados y artículos (fases múltiples y/ o contacto significativo)
- PROC8a* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas
- PROC8b* Transferencia de sustancias o preparados (carga/ descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas
- PROC9* Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)
- PROC10* Aplicación mediante rodillo o brocha
- PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

- ERC1* Fabricación de sustancias
- ERC2* Formulación de preparados
- ERC4* Uso industrial de auxiliares tecnológicos en procesos y productos, que no forman parte

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

	de artículos
ERC6a	Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)
ERC6b	Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

---

## 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC1

#### Cantidad utilizada

Cantidad diaria por emplazamiento	1500 t
-----------------------------------	--------

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones	
Número de días de emisión al año	365

#### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

#### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.

---

### 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	300000 t
--------------------------	----------

## Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

## Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones

Número de días de emisión al año	365
----------------------------------	-----

## Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
------	---

Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.
------	---

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
---	---

Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
---	--------------

Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.
----------------------	---

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC4

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	438 t
--------------------------	-------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Número de días de emisión al año	365
----------------------------------	-----

## Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.

---

## 2.4 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6a

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	300000 t
--------------------------	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones	
Número de días de emisión al año	365

## Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
----------------------------------	---

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

Aguas Residuales

Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
---	--------------

Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.
----------------------	---

---

## 2.5 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6b

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	100000 t
--------------------------	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones

Número de días de emisión al año	365
----------------------------------	-----

### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
------	---

Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.
------	---

### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
---	---

Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
---	--------------

Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.
----------------------	---

---

## 2.6 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC1

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 130 °C

## Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	8 horas / día
-------------------	---------------

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior sin aspiración local (LEV)
---------------------------	--

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

---

## 2.7 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC2, PROC3, PROC4, PROC5, PROC8a, PROC8b, PROC9, PROC10, PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 130 °C

### Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso	8 horas / día
-------------------	---------------

### Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior	Zona interior con aspiración local (LEV)
---------------------------	--

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Cubre exposiciones diarias de hasta 8 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC1		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.2	ERC2		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.3	ERC4		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.4	ERC6a		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.5	ERC6b		Todos los compartimentos	< 1	EUSES

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.6	PROC1	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

2.7	PROC2	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC3	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC4	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC5	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC8a	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC8b	agudo, inhalatorio, local	0,20	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
2.7	PROC9	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC10	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
2.7	PROC15	agudo, inhalatorio, local	0,41	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA

Los parámetros patrones y las eficiencias del modelo de evaluación de la exposición aplicada fueron utilizados para el cálculo (a menos que se indique otra cosa).

Para (otros) efectos locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080

Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 2 (Uso profesional)

---

### 1. Uso profesional Análisis químico, Producción química)

#### Sectores de uso final

*SU 22* Usos profesionales: Ambito público (administración, educación, espectáculos, servicios, artesanía)

#### Categoría de productos químicos

*PC21* Productos químicos de laboratorio

#### Categorías de proceso

*PROC15* Uso como reactivo de laboratorio

#### Categorías de emisión al medio ambiente

*ERC2* Formulación de preparados

*ERC6a* Uso industrial que da lugar a la fabricación de otra sustancia (uso de sustancias intermedias)

*ERC6b* Uso industrial de auxiliares tecnológicos reactivos

---

### 2. Escenario contributivo: condiciones de operación y medidas de gestión de riesgos

#### 2.1 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC2

#### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	300000 t
--------------------------	----------

#### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

#### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones

Número de días de emisión al año	365
----------------------------------	-----

#### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
------	---

Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.
------	---

---



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.

---

## 2.2 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6a

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	300000 t
--------------------------	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (Rvo)	10
--------------------------	----

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones	
Número de días de emisión al año	365

### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## 2.3 Escenario de contribución que controla la exposición ambiental para: ERC6b

### Cantidad utilizada

Cantidad anual por sitio	100000 t
--------------------------	----------

### Factores ambientales no influenciados por la gestión de riesgos

Factor de dilución (R <sub>vo</sub> )	10
---------------------------------------	----

### Otras condiciones operacionales dadas que afectan la exposición ambiental

Uso continuo/emisiones	
Número de días de emisión al año	365

### Condiciones técnicas y medidas/ medidas de organización

Aire	Uso de equipamiento para la reducción de emisiones de aire.
Agua	Neutralizar las soluciones con un pH bajo antes de eliminarlas.

### Condiciones y medidas relacionadas con la planta municipal de tratamiento de aguas residuales

Tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Planta municipal de tratamiento de aguas residuales
Velocidad de flujo del efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales	2.000 000043
Tratamiento de Lodos	Lodos residuales no deben ser desechados a la naturaleza.

---

## 2.4 Escenario de contribución que controla la exposición de los trabajadores para: PROC15

### Características del producto

Concentración de la sustancia en la Mezcla/Artículo	Cubre un porcentaje de 100% de sustancia en el producto.
Forma física (en el momento del uso)	Líquido, volatilidad baja
Temperatura de procesos	< 130 °C

---

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en [www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 112080  
Nombre del producto Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

## Frecuencia y duración del uso

Frecuencia de uso < 4 horas / día

## Otras condiciones operacionales que afectan a la exposición de los trabajadores

Al exterior / Al Interior Zona interior con aspiración local (LEV)

## Medidas organizativas para prevenir/limitar emisiones, dispersión y exposición

Evite llevar a cabo la operación por más de 4 horas.

## Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Utilice guantes adecuados aprobados por EN374.

## 3. Estimación de la exposición y referencia a su fuente

### Medio Ambiente

CS	Descriptor de uso	Mseguro	Compartimento	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.1	ERC2		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.2	ERC6a		Todos los compartimentos	< 1	EUSES
2.3	ERC6b		Todos los compartimentos	< 1	EUSES

### Trabajadores

CS	Descriptor de uso	Duración de la exposición, ruta, efecto	RCR	Método de Evaluación de la exposición
2.4	PROC15	agudo, inhalatorio, local	0,82	ECETOC TRA
		larga duración, inhalatorio, local	0,98	ECETOC TRA

Para (otros) efectos locales las medidas de gestión de riesgos están basadas sobre una caracterización de riesgos cualitativos.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	112080
Nombre del producto	Ácido sulfúrico 98% p.a. EMSURE®

---

## 4. Orientación al Usuario Intermedio para evaluar si trabaja dentro de los límites fijados por el Escenario de Exposición

Consulte los documentos siguientes: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI/Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para escalar la evaluación de la exposición laboral conducida con ECETOC TRA consulte la herramienta de Merck SciDeEx® bajo [www.merckmillipore.com/scideex](http://www.merckmillipore.com/scideex).

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
1/12

**SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**

**1.1 Product identifier**

**Product name:** Nitrogen, compressed

**Trade name:** Nitrogen (Oxygen Free), Nitrogen BTCA 75, Nitrogen BTCA LE (Low Emission) Grade, Nitrogen CP Grade N5.2, Nitrogen Food Grade, Nitrogen ECD Grade, Nitrogen Grade N6.0, Nitrogen Pharmaceutical Grade, Nitrogen Research Grade N5.5, Nitrogen Zero Grade

**Additional identification**

**Chemical name:** Nitrogen

**Chemical formula:** N<sub>2</sub>

**INDEX No.** -

**CAS-No.** 7727-37-9

**EC No.** 231-783-9

**REACH Registration No.** Listed in Annex IV/V of Regulation (EC) No 1907/2006 (REACH), exempted from registration.

**1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**

**Identified uses:** Industrial and professional. Perform risk assessment prior to use. Aerosol propellant. Balance gas for mixtures. Blanketing gas. Calibration gas. Carrier gas. Fire suppressant gas. Food packaging gas. Inerting gas. Inflating tyres. Laboratory use. Laser gas. Pressure head gas, operational assist gas in pressure systems. Process gas. Purge gas. Test gas. Consumer use.

**Uses advised against** Beverage applications. Shielding gas in gas welding. Industrial or technical grade unsuitable for medical and/or food applications or inhalation.

**1.3 Details of the supplier of the safety data sheet**

**Supplier**  
BOC  
Priestley Road, Worsley  
M28 2UT Manchester

**E-mail:** ReachSDS@boc.com

**Telephone:** 0800 111 333

**1.4 Emergency telephone number:** 0800 111 333

**SECTION 2: Hazards identification**

**2.1 Classification of the substance or mixture**

**Classification according to Directive 67/548/EEC or 1999/45/EC as amended.**

Not classified

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
2/12

**Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 as amended.**

**Physical Hazards**

Gases under pressure

Compressed gas H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

**2.2 Label Elements**



**Signal Words:** Warning

**Hazard Statement(s):** H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

**Precautionary Statement**

**Prevention:** None.

**Response:** None.

**Storage:** P403: Store in a well-ventilated place.

**Disposal:** None.

**Supplemental label information**

EIGA-As: Asphyxiant in high concentrations.

**2.3 Other hazards:** None.

**SECTION 3: Composition/information on ingredients**

**3.1 Substances**

<b>Chemical name</b>	Nitrogen
<b>INDEX No.:</b>	-
<b>CAS-No.:</b>	7727-37-9
<b>EC No.:</b>	231-783-9
<b>REACH Registration No.:</b>	Listed in Annex IV/V of Regulation (EC) No 1907/2006 (REACH), exempted from registration.
<b>Purity:</b>	100% The purity of the substance in this section is used for classification only, and does not represent the actual purity of the substance as supplied, for which other documentation should be consulted.
<b>Trade name:</b>	Nitrogen (Oxygen Free), Nitrogen BTCA 75, Nitrogen BTCA LE (Low Emission) Grade, Nitrogen CP Grade N5.2, Nitrogen Food Grade, Nitrogen ECD Grade, Nitrogen Grade N6.0, Nitrogen Pharmaceutical Grade, Nitrogen Research Grade N5.5, Nitrogen Zero Grade

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
3/12

**SECTION 4: First Aid Measures**

**General:** In high concentrations may cause asphyxiation. Symptoms may include loss of mobility/consciousness. Victim may not be aware of asphyxiation. Remove victim to uncontaminated area wearing self contained breathing apparatus. Keep victim warm and rested. Call a doctor. Apply artificial respiration if breathing stopped.

**4.1 Description of first aid measures**

**Inhalation:** In high concentrations may cause asphyxiation. Symptoms may include loss of mobility/consciousness. Victim may not be aware of asphyxiation. Remove victim to uncontaminated area wearing self contained breathing apparatus. Keep victim warm and rested. Call a doctor. Apply artificial respiration if breathing stopped.

**Eye contact:** Adverse effects not expected from this product.

**Skin Contact:** Adverse effects not expected from this product.

**Ingestion:** Ingestion is not considered a potential route of exposure.

**4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed:** Respiratory arrest.

**4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

**Hazards:** None.

**Treatment:** None.

**SECTION 5: Firefighting Measures**

**General Fire Hazards:** Heat may cause the containers to explode.

**5.1 Extinguishing media**

**Suitable extinguishing media:** Material will not burn. In case of fire in the surroundings: use appropriate extinguishing agent.

**Unsuitable extinguishing media:** None.

**5.2 Special hazards arising from the substance or mixture:** None.

**Hazardous Combustion Products:** None.

**5.3 Advice for firefighters**

**Special fire fighting procedures:** In case of fire: Stop leak if safe to do so. Continue water spray from protected position until container stays cool. Use extinguishants to contain the fire. Isolate the source of the fire or let it burn out.

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
4/12

**Special protective equipment  
for firefighters:**

Firefighters must use standard protective equipment including flame retardant coat, helmet with face shield, gloves, rubber boots, and in enclosed spaces, SCBA. Guideline: EN 469 Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting. EN 15090 Footwear for firefighters. EN 659 Protective gloves for firefighters. EN 443 Helmets for fire fighting in buildings and other structures. EN 137 Respiratory protective devices - Self-contained open-circuit compressed air breathing apparatus with full face mask - Requirements, testing, marking.

**SECTION 6: Accidental Release Measures**

**6.1 Personal precautions,  
protective equipment and  
emergency procedures:**

Evacuate area. Provide adequate ventilation. Prevent from entering sewers, basements and workpits, or any place where its accumulation can be dangerous. Wear self-contained breathing apparatus when entering area unless atmosphere is proved to be safe. Guideline EN 137 Respiratory protective devices - Self-contained open-circuit compressed air breathing apparatus with full face mask - Requirements, testing, marking.

**6.2 Environmental Precautions:**

Prevent further leakage or spillage if safe to do so.

**6.3 Methods and material for  
containment and cleaning up:**

Provide adequate ventilation.

**6.4 Reference to other sections:**

Refer to sections 8 and 13.



**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
5/12

**SECTION 7: Handling and Storage:**

**7.1 Precautions for safe handling:**

Only experienced and properly instructed persons should handle gases under pressure. Use only properly specified equipment which is suitable for this product, its supply pressure and temperature. Refer to supplier's handling instructions. The substance must be handled in accordance with good industrial hygiene and safety procedures. Protect containers from physical damage; do not drag, roll, slide or drop. Do not remove or deface labels provided by the supplier for the identification of the container contents. When moving containers, even for short distances, use appropriate equipment eg. trolley, hand truck, fork truck etc. Secure cylinders in an upright position at all times, close all valves when not in use. Provide adequate ventilation. Suck back of water into the container must be prevented. Do not allow backfeed into the container. Avoid suckback of water, acid and alkalis. Keep container below 50°C in a well ventilated place. Observe all regulations and local requirements regarding storage of containers. When using do not eat, drink or smoke. Store in accordance with local/regional/national/international regulations. Never use direct flame or electrical heating devices to raise the pressure of a container. Leave valve protection caps in place until the container has been secured against either a wall or bench or placed in a container stand and is ready for use. Damaged valves should be reported immediately to the supplier. Close container valve after each use and when empty, even if still connected to equipment. Never attempt to repair or modify container valves or safety relief devices. Replace valve outlet caps or plugs and container caps where supplied as soon as container is disconnected from equipment. Keep container valve outlets clean and free from contaminants particularly oil and water. If user experiences any difficulty operating container valve discontinue use and contact supplier. Never attempt to transfer gases from one container to another. Container valve guards or caps should be in place.

**7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities:**

Containers should not be stored in conditions likely to encourage corrosion. Stored containers should be periodically checked for general conditions and leakage. Container valve guards or caps should be in place. Store containers in location free from fire risk and away from sources of heat and ignition. Keep away from combustible material.

**7.3 Specific end use(s):**

None.

**SECTION 8: Exposure Controls/Personal Protection**

**8.1 Control Parameters**

**Occupational Exposure Limits**

None of the components have assigned exposure limits.

## SAFETY DATA SHEET

### Nitrogen, compressed

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
6/12

#### 8.2 Exposure controls

##### Appropriate engineering controls:

Consider a work permit system e.g. for maintenance activities. Ensure adequate air ventilation. Provide adequate ventilation, including appropriate local extraction, to ensure that the defined occupational exposure limit is not exceeded. Oxygen detectors should be used when asphyxiating gases may be released. Systems under pressure should be regularly checked for leakages. Preferably use permanent leak tight connections (eg. welded pipes). Do not eat, drink or smoke when using the product.

#### Individual protection measures, such as personal protective equipment

##### General information:

A risk assessment should be conducted and documented in each work area to assess the risks related to the use of the product and to select the PPE that matches the relevant risk. The following recommendations should be considered. Keep self contained breathing apparatus readily available for emergency use. Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved.

##### Eye/face protection:

Wear eye protection to EN 166 when using gases.  
Guideline: EN 166 Personal Eye Protection.

##### Skin protection

##### Hand Protection:

Wear working gloves while handling containers  
Guideline: EN 388 Protective gloves against mechanical risks.

##### Body protection:

No special precautions.

##### Other:

Wear safety shoes while handling containers  
Guideline: ISO 20345 Personal protective equipment - Safety footwear.

##### Respiratory Protection:

Not required.

##### Thermal hazards:

No precautionary measures are necessary.

##### Hygiene measures:

Specific risk management measures are not required beyond good industrial hygiene and safety procedures. Do not eat, drink or smoke when using the product.

##### Environmental exposure controls:

For waste disposal, see section 13.

## SECTION 9: Physical And Chemical Properties

### 9.1 Information on basic physical and chemical properties

#### Appearance

##### Physical state:

Gas

##### Form:

Compressed gas

##### Colour:

Colorless

##### Odour:

Odorless gas

##### Odour Threshold:

Odour threshold is subjective and is inadequate to warn of over exposure.

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
 Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
 7/12

<b>pH:</b>	not applicable.
<b>Melting Point:</b>	-210.01 °C
<b>Boiling Point:</b>	-196 °C
<b>Sublimation Point:</b>	not applicable.
<b>Critical Temp. (°C):</b>	-147.0 °C
<b>Flash Point:</b>	Not applicable to gases and gas mixtures.
<b>Evaporation Rate:</b>	Not applicable to gases and gas mixtures.
<b>Flammability (solid, gas):</b>	This product is not flammable.
<b>Flammability limit - upper (%):</b>	not applicable.
<b>Flammability limit - lower(%):</b>	not applicable.
<b>Vapour pressure:</b>	No reliable data available.
<b>Vapour density (air=1):</b>	0.97
<b>Relative density:</b>	0.8
<b>Solubility(ies)</b>	
<b>Solubility in Water:</b>	20 mg/l
<b>Partition coefficient (n-octanol/water):</b>	0.67 not applicable
<b>Autoignition Temperature:</b>	not applicable.
<b>Decomposition Temperature:</b>	Not known.
<b>Viscosity</b>	
<b>Kinematic viscosity:</b>	No data available.
<b>Dynamic viscosity:</b>	0.171 mPa.s (10.9 °C)
<b>Explosive properties:</b>	Not applicable.
<b>Oxidising Properties:</b>	not applicable.

<b>9.2 Other information:</b>	None.
<b>Molecular weight:</b>	28.01 g/mol (N <sub>2</sub> )

<b>SECTION 10: Stability and Reactivity</b>
---

<b>10.1 Reactivity:</b>	No reactivity hazard other than the effects described in sub-section below.
<b>10.2 Chemical Stability:</b>	Stable under normal conditions.
<b>10.3 Possibility of Hazardous Reactions:</b>	None.
<b>10.4 Conditions to Avoid:</b>	None.
<b>10.5 Incompatible Materials:</b>	No reaction with any common materials in dry or wet conditions.
<b>10.6 Hazardous Decomposition Products:</b>	Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
8/12

**SECTION 11: Toxicological Information**

**General information:** None.

**11.1 Information on toxicological effects**

**Acute toxicity - Oral**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Acute toxicity - Dermal**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Acute toxicity - Inhalation**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Skin Corrosion/Irritation**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Serious Eye Damage/Eye Irritation**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Respiratory or Skin Sensitisation**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Germ Cell Mutagenicity**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Carcinogenicity**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Reproductive toxicity**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Specific Target Organ Toxicity - Single Exposure**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Specific Target Organ Toxicity - Repeated Exposure**  
**Product** Based on available data, the classification criteria are not met.

**Aspiration Hazard**  
**Product** Not applicable to gases and gas mixtures..

**SECTION 12: Ecological Information**

**12.1 Toxicity**

**Acute toxicity**  
**Product** No ecological damage caused by this product.

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
9/12

**12.2 Persistence and Degradability**

**Product**

The substance is naturally occurring.

**12.3 Bioaccumulative Potential**

**Product**

The product is expected to biodegrade and is not expected to persist for long periods in an aquatic environment.

**12.4 Mobility in Soil**

**Product**

The substance is a gas, not applicable.

**12.5 Results of PBT and vPvB  
assessment**

**Product**

Not classified as PBT or vPvB.

**12.6 Other Adverse Effects:**

No ecological damage caused by this product.

**SECTION 13: Disposal Considerations**

**13.1 Waste treatment methods**

**General information:**

Do not discharge into any place where its accumulation could be dangerous. Vent to atmosphere in a well ventilated place.

**Disposal methods:**

Refer to the EIGA code of practice (Doc.30 "Disposal of Gases", downloadable at <http://www.eiga.org>) for more guidance on suitable disposal methods. Dispose of container via supplier only. Discharge, treatment, or disposal may be subject to national, state, or local laws.

**European Waste Codes**

**Container:**

16 05 05: Gases in pressure containers other than those mentioned in 16 05 04.

**SECTION 14: Transport Information**

**ADR**

- |                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| 14.1 UN Number:                    | UN 1066              |
| 14.2 UN Proper Shipping Name:      | NITROGEN, COMPRESSED |
| 14.3 Transport Hazard Class(es)    |                      |
| Class:                             | 2                    |
| Label(s):                          | 2.2                  |
| Hazard No. (ADR):                  | 20                   |
| Tunnel restriction code:           | (E)                  |
| Emergency Action Code:             | 2T                   |
| 14.4 Packing Group:                | –                    |
| 14.5 Environmental hazards:        | not applicable       |
| 14.6 Special precautions for user: | –                    |

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
10/12

**RID**

14.1 UN Number:	UN 1066
14.2 UN Proper Shipping Name	NITROGEN, COMPRESSED
14.3 Transport Hazard Class(es)	
Class:	2
Label(s):	2.2
14.4 Packing Group:	-
14.5 Environmental hazards:	not applicable
14.6 Special precautions for user:	-

**IMDG**

14.1 UN Number:	UN 1066
14.2 UN Proper Shipping Name:	NITROGEN, COMPRESSED
14.3 Transport Hazard Class(es)	
Class:	2.2
Label(s):	2.2
EmS No.:	F-C, S-V
14.3 Packing Group:	-
14.5 Environmental hazards:	not applicable
14.6 Special precautions for user:	-

**IATA**

14.1 UN Number:	UN 1066
14.2 Proper Shipping Name:	Nitrogen, compressed
14.3 Transport Hazard Class(es)	
Class:	2.2
Label(s):	2.2
14.4 Packing Group:	-
14.5 Environmental hazards:	not applicable
14.6 Special precautions for user:	-
Other information	
Passenger and cargo aircraft:	Allowed.
Cargo aircraft only:	Allowed.

**14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code:** not applicable

**Additional identification:**

Avoid transport on vehicles where the load space is not separated from the driver's compartment. Ensure vehicle driver is aware of the potential hazards of the load and knows what to do in the event of an accident or an emergency. Before transporting product containers ensure that they are firmly secured. Ensure that the container valve is closed and not leaking. Container valve guards or caps should be in place. Ensure adequate air ventilation.

**SECTION 15: Regulatory information**

**15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture:**

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
11/12

**National Regulations**

Management of Health and Safety at Work Regulations (1999 No. 3242). The Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005 (2005 No. 1541). Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH, 2002 No. 2677). Provision and Use of Work Equipment Regulations (PUWER, 1998 No. 2306). Personal Protective Equipment Regulations (1992 No. 2966). Control of Major Accident Hazards Regulations (COMAH, 2015 No. 483). Pressure Systems Safety Regulations (PSSR, 2000 No. 128). Only products that comply with the food regulations (EC) No. 1333/2008 and (EU) No. 231/2012 and are labelled as such may be used as food additives. This Safety Data Sheet has been produced to comply with Regulation (EU) 453/2010.

**15.2 Chemical safety assessment:** No Chemical Safety Assessment has been carried out.

**SECTION 16: Other Information**

**Revision Information:** Not relevant.

**Key literature references and sources for data:**

Various sources of data have been used in the compilation of this SDS, they include but are not exclusive to:  
Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).  
European Chemical Agency: Guidance on the Compilation of Safety Data Sheets.  
European Chemical Agency: Information on Registered Substances <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>  
European Industrial Gases Association (EIGA) Doc. 169 Classification and Labelling guide.  
International Programme on Chemical Safety (<http://www.inchem.org/>)  
ISO 10156:2010 Gases and gas mixtures - Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets.  
Matheson Gas Data Book, 7th Edition.  
National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.  
The ESIS (European chemical Substances 5 Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).  
The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.  
United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>)  
Threshold Limit Values (TLV) from the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).  
Substance specific information from suppliers.  
Details given in this document are believed to be correct at the time of publication.  
EH40 (as amended) Workplace exposure limits.

**Wording of the R-phrases and H-statements in sections 2 and 3**

H280 Contains gas under pressure; may explode if heated.

**Training information:**

Users of breathing apparatus must be trained. The hazard of asphyxiation is often overlooked and must be stressed during operator training. Ensure operators understand the hazards.

**SAFETY DATA SHEET**  
**Nitrogen, compressed**

Issue Date: 16.01.2013  
Last revised date: 19.02.2016

Version: 1. 3

SDS No.: 000010021697  
12/12

**Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 as amended.**

Press. Gas Compr. Gas, H280

**Other information:**

Before using this product in any new process or experiment, a thorough material compatibility and safety study should be carried out. Ensure adequate air ventilation. Ensure all national/local regulations are observed. Whilst proper care has been taken in the preparation of this document, no liability for injury or damage resulting from its use can be accepted. Note: When the Product Name appears in the SDS header the decimal sign and its position comply with rules for the structure and drafting of international standards, and is a comma on the line. As an example 2,000 is two (to three decimal places) and not two thousand, whilst 1.000 is one thousand and not one (to three decimal places).

**Last revised date:**

19.02.2016

**Disclaimer:**

This information is provided without warranty. The information is believed to be correct. This information should be used to make an independent determination of the methods to safeguard workers and the environment.



**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



---

**SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**

**1.1. Product identifier**

<b>Name of product</b>	Dinitrogen tetroxide Art-Nr(n): 4000
<b>Name of substance</b>	dinitrogen tetroxide
<b>Index No</b>	007-002-00-0
<b>EC No</b>	234-126-4
<b>REACH registration number</b>	01-2119957842-27
<b>CAS No</b>	10544-72-6

**1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**

**Identified uses**

**Sector of uses [SU]**

SU10 - Formulation [mixing] of preparations and/or re-packaging (excluding alloys)  
SU16 - Manufacture of computer, electronic and optical products, electrical equipment  
SU22 - Professional uses: Public domain (administration, education, entertainment, services, craftsmen)  
SU24 - Scientific research and development  
SU0 - Andere Tätigkeit: M74.9 - Other professional, scientific and technical activities n.e.c.  
SU3 - Industrial uses: Uses of substances as such or in preparations at industrial sites  
SU9 - Manufacture of fine chemicals

**Product categories [PC]**

PC13 - Fuels  
PC15 - Non-metal-surface treatment products  
PC19 - Intermediate  
PC21 - Laboratory chemicals

**Process categories [PROC]**

PROC1 - Use in closed process, no likelihood of exposure  
PROC2 - Use in closed, continuous process with occasional controlled exposure  
PROC3 - Use in closed batch process (synthesis or formulation)  
PROC9 - Transfer of substance or preparation into small containers (dedicated filling line, including weighing)  
PROC8a - Transfer of substance or preparation (charging/discharging) from/to vessels/large containers at non-dedicated facilities  
PROC15 - Use as laboratory reagent  
PROC16 - Using material as fuel sources, limited exposure to unburned product to be expected  
PROC8b - Transfer of substance or preparation (charging/discharging) from/to vessels/large containers at dedicated facilities

**Environmental release categories [ERC]**

ERC8d - Wide dispersive outdoor use of processing aids in open systems  
ERC2 - Formulation of preparations (mixtures)  
ERC4 - Industrial use of processing aids in processes and products, not becoming part of articles  
ERC6a - Industrial use resulting in manufacture of another substance (use of intermediates)  
ERC6b - Industrial use of reactive processing aids

**Recommended intended purpose(s)**

Basic substance.  
Oxidising agent.

**1.3. Details of the supplier of the safety data sheet**

<b>Manufacturer/distributor</b>	GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH Ruhrstraße 113, D-22761 Hamburg Phone +49 40 853 123-0, Fax +49 40 853 123-66 E-Mail <a href="mailto:hamburg@ghc.de">hamburg@ghc.de</a> Internet <a href="http://www.ghc.de">www.ghc.de</a>
---------------------------------	--

# Safety Data Sheet according to Regulation (EC)

## No. 1907/2006 (REACH)

Printed 07.10.2015

revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

### Dinitrogen tetroxide

4000

**GERLING  
HOLZ+CO**



#### Advice

GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH

Phone +49 40 853 123-0

Fax +49 40 853 123-66

E-mail (competent person):

msds@ghc.de

#### 1.4. Emergency telephone number

#### Emergency advice

Giftinformationszentrum (Poison Control Centre) Mainz

Phone +49 6131 19240

## SECTION 2: Hazards identification

### 2.1. Classification of the substance or mixture

#### Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP/GHS]

Hazard classes and Hazard categories	Hazard Statements	Classification procedure
--------------------------------------	-------------------	--------------------------

Ox. Gas 1	H270
Liquef. Gas	H280
Acute Tox. 1	H330
Skin Corr. 1B	H314

#### Hazard statements for physical hazards

H270 May cause or intensify fire; oxidiser.

H280 Contains gas under pressure; may explode if heated.

#### Hazard statements for health hazards

H314 Causes severe skin burns and eye damage.

H330 Fatal if inhaled.

### 2.2. Label elements

#### Labelling according to Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP/GHS]



GHS03



GHS05



GHS06

#### Signal word

Danger

#### Hazard statements for physical hazards

H270 May cause or intensify fire; oxidiser.

H280 Contains gas under pressure; may explode if heated.

#### Hazard statements for health hazards

H314 Causes severe skin burns and eye damage.

H330 Fatal if inhaled.

#### Precautionary Statements

#### Prevention

P244 Keep valves and fittings free from oil and grease.

P260 Do not breathe gas/vapours.

P280 Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



**Response**

P303 + P361 + P353 IF ON SKIN (or hair): Remove/Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower.  
P304 + P340 IF INHALED: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing.  
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.  
P315 Get immediate medical advice/attention.

**Storage**

P403 Store in a well-ventilated place.  
P405 Store locked up.

**Supplemental Hazard information (EU)**

**Health properties**

Corrosive to the respiratory tract.

**2.3. Other hazards**

**! Adverse human health effects and symptoms**

Contact with liquid may cause cold burns/frostbite.

**Information pertaining to special dangers for human and environment**

Dangerous substances are released in case of decomposition.

Gas/vapour heavier than air. May accumulate in confined spaces, particularly at or below ground level.

**! Results of PBT and vPvB assessment**

This substance does not meet the PBT/vPvB criteria of REACH, annex XIII.

**SECTION 3: Composition/ information on ingredients**

**CAS No 10544-72-6**

**dinitrogen tetroxide**

EC No 234-126-4

Index No 007-002-00-0

REACH registration number 01-2119957842-27

**3.2. Mixtures**

not applicable

**! SECTION 4: First aid measures**

**4.1. Description of first aid measures**

**General information**

Remove contaminated soaked clothing immediately and dispose it safely.

Adhere to personal protective measures when giving first aid.

Seek medical advice immediately.

**In case of inhalation**

Remove the casualty into fresh air and keep him immobile.

In case of breathing difficulties give oxygen.

In the event of pulmonary irritation treat initially with corticoid spray, e.g. Ventolair- or Pulmicort- metered-dose aerosol (Ventolair and Pulmicort are registered trademarks).

In case of respiratory standstill give artificial respiration by respiratory bag (Ambu bag) or respirator. Send for a doctor.

**! In case of skin contact**

In case of contact with skin wash off immediately with plenty of water.

In case of frostbite spray with lukewarm (not hot) water for at least 15 minutes. Apply a sterile dressing. Obtain medical assistance.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



**In case of eye contact**

Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.  
Call for a doctor immediately.

**In case of ingestion**

Do not induce vomiting.  
Call for a doctor immediately.  
Rinse out mouth and give plenty of water to drink.

**4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed**

**Physician's information / possible symptoms**

Symptoms: The most well-known symptoms and effects are described in the labeling of the product (see Section 2) and / or in the toxicological data (see section 11).

**4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

**Treatment (Advice to doctor)**

Pulmonary oedema prophylaxis.  
Symptoms may not occur until several hours.

---

**! SECTION 5: Firefighting measures**

**5.1. Extinguishing media**

**Suitable extinguishing media**

Product does not burn, fire-extinguishing activities according to surrounding.

Foam

Dry powder

Water spray jet

**Unsuitable extinguishing media**

Full water jet

**5.2. Special hazards arising from the substance or mixture**

The substance / product enhances the combustion.

In the event of fire the following can be released:

Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)

**5.3. Advice for firefighters**

**Special protective equipment for fire-fighters**

Use breathing apparatus with independent air supply ( isolated ).

Wear full protective clothing.

**! Additional information**

Cool endangered containers with water spray jet.

Exposure to fire may cause containers to rupture / explode.

---

**! SECTION 6: Accidental release measures**

**6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

**! For non-emergency personnel**

See chapter 8.

Remove persons to safety.

Evacuate area.

**For emergency responders**

Personal protection by wearing close-fitting protective clothing and breathing apparatus.

Keep people away and stay on the upwind side.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000

---

**6.2. Environmental precautions**

If possible, stop flow of product.  
Do not discharge into the drains/surface waters/groundwater.  
If necessary, secure leaky pressure receptacles in a salvage packaging.  
Suppress gases/vapours/mists with water spray jet  
Do not discharge into the subsoil/soil.

**6.3. Methods and material for containment and cleaning up**

Ensure adequate air ventilation.

**6.4. Reference to other sections**

Safe handling: see section 7  
Disposal: see section 13  
Personal protection equipment: see section 8

---

**! SECTION 7: Handling and storage**

**7.1. Precautions for safe handling**

**Advice on safe handling**

Use only in thoroughly ventilated areas.  
Transfer and handle only in enclosed systems.  
Containers' temperature may not be increased above 50 °C.  
Do not heat with open flames.  
The working pressure in the receptacle must not exceed the saturation vapour pressure of the pure product resulting at a temperature of 50 °C.  
Provide good room ventilation even at ground level (vapours are heavier than air).  
Prevent cylinders from falling over.  
Ensure valve outlet cap nut or plug is correctly fitted.  
Ensure valve protection device is correctly fitted.  
Open valve slowly to avoid pressure shock.  
Use only properly specified equipment which is suitable for this product, its supply pressure and temperature.  
Do not allow backfeed into the container.  
Suck back of water into the container must be prevented.  
Keep valves and fittings free from oil and grease.  
No water to valves, flanges and other fittings.  
Purging of pipes and valves with inert gases - to avoid: water, solvents.

**! General protective measures**

Do not inhale gases.

**Hygiene measures**

At work do not eat, drink, smoke or take drugs.

**Advice on protection against fire and explosion**

The product is not combustible, but supports burning.  
Avoid effect of heat.

**7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities**

**Requirements for storage rooms and vessels**

Ventilate store-rooms thoroughly.  
Use transportable pressure equipment.  
Suitable materials: Normalised steel and carbon steel, tempered steel, aluminium alloys, stainless steel.  
Valve: Suitable materials: Carbon steels, aluminium alloys, stainless steel.  
Unsuitable materials: Brass, copper alloys.

**Advice on storage compatibility**

Do not store with combustible materials.  
Do not store together with animal feedstuffs.  
Do not store together with explosives.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



Do not store together with infectious substances.  
Do not store together with radioactive material.  
Do not store together with toxic liquids or toxic solids.  
Do not store together with food.  
Do not store together with oxidizing liquids or oxidizing solids.  
Do not store together with reducing agents.

**Further information on storage conditions**

Ensure valve protection device is correctly fitted.  
Recommended storage temperature:  $\leq 20^{\circ}\text{C}$ .  
Store only in closed original container at cool and aired place.  
Store away from combustible materials.  
Prevent cylinders from falling over.  
Protect from heat/overheating.

**7.3. Specific end use(s)**

**Recommendation(s) for intended use**

See section 1.2

Expositionsszenarien (ES) siehe <http://www.ghc.de/media/de/downloads/expo/4000.pdf>.

**! SECTION 8: Exposure controls/personal protection**

**8.1. Control parameters**

**! Ingredients with occupational exposure limits to be monitored**

CAS No	Name	Code	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	Remark
10102-44-0	Nitrogen dioxide	OEL, 8 hours		0,2	EU (SCOEL)
10102-44-0	Nitrogen dioxide	PEL, 8 hours Short-term	9	5	OSHA, Table Z-1, USA
10102-44-0	Nitrogen dioxide	WEL, 8 hours Short-term	9,6	5	UK, omitted in 2005

**Additional advice**

DNEL (workers, inhalation, long-term, systemic effects): 0,17 mg/m<sup>3</sup>.

**8.2. Exposure controls**

**Respiratory protection**

Breathing apparatus in the event of high concentrations.  
Keep self contained breathing apparatus readily available for emergency use.  
Short term: filter apparatus, special gas filter, NO-P3  
In case of rescue and maintenance activities in storage containers use environment-independent breathing apparatus because of risk of suffocation by edging out of air oxygen

**Hand protection**

Protective gloves complying with EN 374.  
Glove material specification [make/type, permeation time/life]: PVC, PTEE,  $\geq 60$  min

**Eye protection**

safety goggles, in case of increased risk add protective face shield  
Safety goggles with side protection complying with EN 166.

**Other protection measures**

Body covering work clothing, or chemical resistant suit at increased risk.

**Limitation and surveillance of the environment**

PNEC values are not available.  
See chapter 7.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



**Appropriate engineering controls**

Transfer and handle only in enclosed systems.

**! SECTION 9: Physical and chemical properties**

**9.1. Information on basic physical and chemical properties**

**Appearance**

liquid

**Colour**

yellow

**Odour**

irritant

**Odour threshold**

not determined

**Important health, safety and environmental information**

	Value	Temperature	at	Method	Remark
<b>pH value</b>	not applicable				
<b>boiling point</b>	21,2 °C		1013 hPa		
<b>melting point</b>	-9,3 °C				
<b>Flash point</b>	not applicable				
<b>Vapourisation rate</b>	not determined				
<b>Flammable (solid)</b>	not applicable				
<b>Flammability (gas)</b>	no				
<b>Ignition temperature</b>	no			ASTM E 681	
<b>Self ignition temperature</b>	558 °C			EU A.15	
<b>Lower explosion limit</b>	Study technically not feasible.				
<b>Upper explosion limit</b>	Study technically not feasible.				
<b>Vapour pressure</b>	1000 hPa	20 °C			
<b>Relative density</b>	1,44 g/cm3	21 °C	1013 hPa		information concerns to liquid phase
<b>Bulk density</b>	not applicable				
<b>Vapour density</b>	1,59			air = 1	

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



	Value	Temperature	at	Method	Remark
<b>Solubility in water</b>	not applicable				hydrolyses
<b>Solubility/other</b>	not determined				
<b>Partition coefficient n-octanol/water (log P O/W)</b>	not applicable				
<b>Decomposition temperature</b>	not determined				
<b>Viscosity dynamic</b>	0,43 mPa*s	20 °C			

**Oxidising properties**

Coefficient of oxygen equivalency  $C_i = 1$  (ISO 10156)

**Explosive properties**

no

**9.2. Other information**

No information available.

**SECTION 10: Stability and reactivity**

**10.1. Reactivity**

See section "Possibility of hazardous reactions".

**10.2. Chemical stability**

Stable under normal conditions.

**10.3. Possibility of hazardous reactions**

May react violently with combustible materials.

May react violently with reducing agents.

Violently oxidises organic material.

Corrodes copper and brass.

**10.4. Conditions to avoid**

Heat sources / heat - risk of bursting.

Humidity.

**10.5. Incompatible materials**

**Substances to avoid**

Alkali (lye)

Copper, brass and other copper alloys.

Reducing agents.

Organic substances (fats, oils).

Reactions with numerous chemical compounds.

**10.6. Hazardous decomposition products**

Nitrous oxides (NO<sub>x</sub>)

When handled and stored appropriately, no dangerous decomposition products are known.



**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)****No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015

revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**

4000

**Thermal decomposition**

Remark No decomposition if used as directed.

**! SECTION 11: Toxicological information****11.1. Information on toxicological effects****Acute toxicity/Irritability/Sensitization**

	Value/Validation	Species	Method	Remark
<b>LD50 acute oral</b>	Study scientifically not justified.			
<b>LD50 acute dermal</b>	Study scientifically not justified.			
<b>LC50 acute inhalation</b>	115 ppm (60 min)	Rat (male)		Information concerns to nitrogen dioxide.
<b>Irritability skin</b>	irritant			
<b>Irritability eye</b>	irritant			
<b>Skin sensitization</b>				Study scientifically not justified.

**Subacute Toxicity - Carcinogenicity**

	Value	Species	Method	Validation
<b>Subchronic Toxicity</b>	NOAEL 2,15 ppm (90 d) Inhalation (6 h/d, 5 d/w)	Rat	OECD 412 / 413	Information concerns to nitrogen dioxide.
<b>Mutagenicity</b>	8 - 27 ppm (3 h) Inhalation. Information concerns to nitrogen dioxide.	Rat		Information on genotoxicity in vivo available.
<b>Reproduction-Toxicity</b>				Indications of toxic effects are available from reproduction studies in animals.
<b>Carcinogenicity</b>				Indications of possible carcinogenic effects in animal studies are available.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)****No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015

revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetraoxide**

4000

**! SECTION 12: Ecological information****12.1. Toxicity****Ecotoxicological effects**

	Value	Species	Method	Validation
<b>Fish</b>	LC50 4400 mg/l (96 h)	trout		
<b>Daphnia</b>	EC50 8609 mg/l (24 h)	Daphnia magna	OECD 202	
<b>Algae</b>	not determined			

**12.2. Persistence and degradability****Physico-chemical degradability** not determined**Biological degradability**

Study scientifically not justified.

At normal temperature very highly volatile or gaseous product that can be released to atmosphere. Elimination test cannot be employed.

**Biological eliminability**

Inorganic product, cannot be eliminated from the water by biological purification processes.

**Degradability according to WRMG**

Inorganic product, cannot be eliminated from the water by biological purification processes.

**12.3. Bioaccumulative potential**

Study technically not feasible.

**12.4. Mobility in soil**

No data available

**12.5. Results of PBT and vPvB assessment**

This substance does not meet the PBT/vPvB criteria of REACH, annex XIII.

**12.6. Other adverse effects**On contact with water: Decomposition to HNO<sub>3</sub> (nitric acid).**Additional ecological information**

	Value	Method	Remark
<b>COD</b>	not determined		
<b>BOD</b>	not determined		

**SECTION 13: Disposal considerations****13.1. Waste treatment methods****Waste code No.**

16 05 04\*

**Name of waste**

gases in pressure containers (including halons) containing dangerous substances

Wastes marked with an asterisk are considered to be hazardous waste pursuant to Directive 2008/98/EC on hazardous waste.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



**Recommendations for the product**

Dispose of as hazardous waste.  
Return to manufacturer.

**Recommendations for packaging**

Transportable pressure equipment (empty, residual pressure): Return to supplier / manufacturer.

**SECTION 14: Transport information**

	ADR/RID	IMDG	IATA-DGR
<b>14.1. UN number</b>	1067	1067	1067
<b>14.2. UN proper shipping name</b>	DINITROGEN TETROXIDE	DINITROGEN TETROXIDE	Dinitrogen tetroxide
<b>14.3. Transport hazard class(es)</b>	2.3 (5.1+8)	2.3 (5.1+8)	2.3 (5.1+8)
<b>14.4. Packing group</b>	-	-	-
<b>14.5. Environmental hazards</b>	No	No	No

**14.6. Special precautions for user**

The protective measures listed in Sections 6, 7 and 8 of the Safety Data Sheet have to be considered.

**14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code**

not applicable

No transport as bulk according IBC - Code.

**Land and inland navigation transport ADR/RID**

Hazard label(s) 2.3+5.1+8

tunnel restriction code C/D

Classification code 2TOC

**Marine transport IMDG**

EmS: F-C, S-W

**Air transport ICAO/IATA-DGR**

FORBIDDEN

**SECTION 15: Regulatory information**

**15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

**Other regulations (EU)**

Please note:

Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances.

**15.2. Chemical Safety Assessment**

For this substance a chemical safety assessment has been carried out.

**Safety Data Sheet according to Regulation (EC)  
No. 1907/2006 (REACH)**

Printed 07.10.2015  
revision 07.10.2015 (GB) Version 8.0

**Dinitrogen tetroxide**  
4000



---

**SECTION 16: Other information**

**Recommended uses and restrictions**

National and local regulations concerning chemicals shall be observed.

**Further information**

All declarations of safety-data-sheet refer to pure substance.

The information contained herein is based on the state of our knowledge. It characterizes the product with regard to the appropriate safety precautions. It does not represent a guarantee of the properties of the product.

Indication of changes: "!" = Data changed compared with the previous version. Previous version: 7.8

## SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

### 1.1 Identificador del producto

Nombre comercial: **Platinum, 5% on carbon, dry**

Número del artículo: A11186

### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados.

Uso identificado: SU24 Investigación y desarrollo científicos

### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

#### Fabricante/distribuidor:

Thermo Fisher (Kandel) GmbH  
Zeppelinstr. 7b  
76185 Karlsruhe / Germany  
Tel: +49 (0) 721 84007 280  
Fax: +49 (0) 721 84007 300  
Email: tech@alfa.com  
www.alfa.com

Área de información: Departamento de seguridad del producto

### 1.4 Teléfono de emergencia:

Carechem 24: +44 (0) 1235 239 670 (Multi-idioma, el número de emergencia las 24 horas)  
Giftnotruf Universität Mainz / Veneno Centro de información Mainz  
www.giftinfo.uni-mainz.de Telefon: +49(0)6131/19240

## SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008



GHS02 llama

Flam. Sol. 2 H228 Sólido inflamable.

Otros peligros que no conducen a una clasificación No se dispone de información.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008 El producto se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

#### Pictogramas de peligro



GHS02

Palabra de advertencia Atención

Indicaciones de peligro

H228 Sólido inflamable.

#### Consejos de prudencia

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.  
P280 Llevar guantes de protección / gafas de protección / máscara de protección.  
P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.  
P241 Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación/antideflagrante.  
P370+P378 En caso de incendio: Utilizar para apagarlo: CO2, polvo extintor o chorro de agua rociada.

#### Sistema de clasificación:

Valoración HMIS (escala 0-4)

(Sistema de identificación de materiales peligrosos)

HEALTH	1	Salud (efectos agudos) = 1
FIRE	2	Inflamabilidad = 2
REACTIVITY	1	Peligro Físico = 1

### 2.3 Otros peligros

Resultados de la valoración PBT y mPmB

PBT: No aplicable.

mPmB: No aplicable.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

### 3.2 Mezclas

#### Componentes peligrosos:

CAS: 7440-44-0	Carbon	Flam. Sol. 1, H228; Self-heat. 2, H252	95,0%
EINECS: 231-153-3	No conocido.		

#### Avisos adicionales

#### Ingredientes no-peligrosos

CAS: 7440-06-4	Platinum	5,0%
EINECS: 231-116-1		

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

#### En caso de inhalación del producto:

Suministrar aire fresco; eventualmente hacer respiración artificial, calor. Si los trastornos persisten, consultar al médico.

Consultar inmediatamente al médico

#### En caso de contacto con la piel:

Lavar en seguida con agua y jabón, enjuagando bien.

Consultar inmediatamente al médico

En caso de con los ojos: Enjuagar durante varios minutos los ojos entornados con agua corriente y consultar el médico.

En caso de ingestión: Mandarlo al médico

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados No existen más datos relevantes disponibles.

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No existen más datos relevantes disponibles.

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

#### Sustancias extintoras adecuadas:

CO2, polvo de extinción o chorro de agua chispeante. Combatir incendios mayores con chorro de agua chispeante o espuma resistente al alcohol.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Si este producto está involucrado en un incendio, el siguiente puede ser liberado:

Monóxido de carbono y dióxido de carbono

Nombre comercial: <b>Platinum, 5% on carbon, dry</b>																																			
( se continua en página 1 )																																			
<p>óxido de platino</p> <p><b>5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios</b></p> <p><b>Equipo especial de protección:</b></p> <p>Llevar puesto aparato de protección de respiración independientemente del aire ambiental</p> <p>Llevar puesto traje de protección completa</p>																																			
<p><b>SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental</b></p> <p><b>6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</b></p> <p>Llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.</p> <p>Asegurarse de que haya suficiente ventilación.</p> <p>Mantener alejados focos de ignición.</p> <p><b>6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:</b> No dejar introducirse al alcantarillado o las aguas.</p> <p><b>6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:</b> Asegurar ventilación suficiente.</p> <p><b>Prevención de riesgos secundarios:</b> Mantener alejados focos de ignición.</p> <p><b>6.4 Referencia a otras secciones</b></p> <p>Las informaciones para una manipulación segura, véase capítulo 13.</p> <p>Ver capítulo 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.</p> <p>Para mayor información sobre cómo desechar el producto, ver capítulo 13.</p>																																			
<p><b>SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento</b></p> <p><b>7.1 Precauciones para una manipulación segura</b></p> <p>Mantener el depósito cerrado de forma estanca</p> <p>Almacenar, en envases bien cerrados, en un ambiente seco y fresco.</p> <p>Asegurar suficiente ventilación /aspiración en el puesto de trabajo.</p> <p><b>Prevención de incendios y explosiones:</b> Tomar medidas contra las cargas electrostáticas.</p> <p><b>7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b></p> <p><b>Almacenaje:</b></p> <p><b>Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:</b> Almacenar en un lugar fresco.</p> <p><b>Normas en caso de un almacenamiento conjunto:</b></p> <p>No depositar junto con ácidos.</p> <p>No almacenar junto con agentes oxidantes.</p> <p><b>Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:</b></p> <p>Mantener el recipiente cerrado herméticamente.</p> <p>Almacenarlo en envases bien cerrados en un lugar fresco y seco.</p> <p><b>7.3 Usos específicos finales</b> No existen más datos relevantes disponibles.</p>																																			
<p><b>SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual</b></p> <p><b>Instrucciones adicionales sobre el acondicionamiento de instalaciones técnicas:</b></p> <p>Campana extractora para humos químicos de funcionamiento correcto diseñada para productos químicos peligrosos y con una velocidad de extracción de al menos 30 metros por minuto.</p> <p><b>8.1 Parámetros de control</b></p> <p><b>Componentes con valores límite admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:</b></p> <p><b>7440-06-4 Platinum (5,0%)</b></p> <table><tr><td>LEP</td><td>Valor de larga duración: 1 mg/m³</td></tr><tr><td>VLI</td><td></td></tr></table> <p><b>Instrucciones adicionales:</b> Sin datos</p> <p><b>8.2 Controles de la exposición</b></p> <p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p><b>Medidas generales de protección e higiene</b></p> <p>Son de respetar las medidas regulares de seguridad para el manejo de productos químicos.</p> <p>Mantener alejado de alimentos, bebidas y forraje.</p> <p>Quitarse inmediatamente ropa ensuciada o impregnada.</p> <p>Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.</p> <p>Mantener un entorno ergonómico adecuado de trabajo.</p> <p><b>Protección de respiración:</b> Si las concentraciones son elevadas, llevar protección respiratoria.</p> <p><b>Aparato de filtro recomendado para aplicación de corta duración.</b></p> <p>Use um respirador N95 com o tipo (EUA) ou (EN 143) PE cartidges como um backup para os controles de engenharia. Avaliação de risco deve ser realizada para determinar se respiradores purificadores de ar são adequados. Só use equipamentos testados e aprovados segundo as normas governamentais apropriadas.</p> <p><b>Protección de manos:</b></p> <p>Antes de cada uso, comprobar el estado de los guantes de seguridad.</p> <p>La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro.</p> <p><b>Material de los guantes</b> Caucho nitrílico</p> <p><b>Tiempo de penetración del material de los guantes (en minutos)</b> 480</p> <p><b>Espesor del guante</b> 0.11 mm</p> <p><b>Protección de ojos:</b></p> <p>Protección facial</p> <p>Gafas de seguridad con protección lateral / NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (EU)</p> <p><b>Protección de cuerpo:</b> Ropa de trabajo protectora</p>		LEP	Valor de larga duración: 1 mg/m³	VLI																															
LEP	Valor de larga duración: 1 mg/m³																																		
VLI																																			
<p><b>SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas</b></p> <p><b>9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas</b></p> <p><b>Datos generales</b></p> <table><tr><td colspan="2"><b>Aspecto:</b></td></tr><tr><td><b>Forma:</b></td><td>Polvo</td></tr><tr><td><b>Olor:</b></td><td>Indeterminado</td></tr><tr><td><b>Umbral olfativo:</b></td><td>No determinado.</td></tr></table> <table><tr><td><b>valor pH:</b></td><td>No aplicable.</td></tr></table> <table><tr><td><b>Modificación de estado</b></td><td></td></tr><tr><td><b>Punto de fusión/punto de congelación:</b></td><td>Indeterminado</td></tr><tr><td><b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:</b></td><td>Indeterminado</td></tr><tr><td><b>Temperatura de sublimación/ inicio de la sublimación:</b></td><td>Sin determinar</td></tr><tr><td><b>Inflamabilidad ( sólido, gaseiforme ):</b></td><td>Fácilmente inflamable.</td></tr><tr><td><b>Temperatura fulminante:</b></td><td>Sin determinar</td></tr><tr><td><b>Temperatura de descomposición:</b></td><td>Sin determinar</td></tr><tr><td><b>Temperatura de auto-inflamación:</b></td><td>El producto no es autoinflamable.</td></tr></table> <table><tr><td><b>Propiedades explosivas:</b></td><td>No determinado.</td></tr><tr><td><b>Límites de explosión:</b></td><td></td></tr><tr><td><b>Inferior:</b></td><td>Sin determinar</td></tr><tr><td><b>Superior:</b></td><td>Sin determinar</td></tr></table>		<b>Aspecto:</b>		<b>Forma:</b>	Polvo	<b>Olor:</b>	Indeterminado	<b>Umbral olfativo:</b>	No determinado.	<b>valor pH:</b>	No aplicable.	<b>Modificación de estado</b>		<b>Punto de fusión/punto de congelación:</b>	Indeterminado	<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:</b>	Indeterminado	<b>Temperatura de sublimación/ inicio de la sublimación:</b>	Sin determinar	<b>Inflamabilidad ( sólido, gaseiforme ):</b>	Fácilmente inflamable.	<b>Temperatura fulminante:</b>	Sin determinar	<b>Temperatura de descomposición:</b>	Sin determinar	<b>Temperatura de auto-inflamación:</b>	El producto no es autoinflamable.	<b>Propiedades explosivas:</b>	No determinado.	<b>Límites de explosión:</b>		<b>Inferior:</b>	Sin determinar	<b>Superior:</b>	Sin determinar
<b>Aspecto:</b>																																			
<b>Forma:</b>	Polvo																																		
<b>Olor:</b>	Indeterminado																																		
<b>Umbral olfativo:</b>	No determinado.																																		
<b>valor pH:</b>	No aplicable.																																		
<b>Modificación de estado</b>																																			
<b>Punto de fusión/punto de congelación:</b>	Indeterminado																																		
<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:</b>	Indeterminado																																		
<b>Temperatura de sublimación/ inicio de la sublimación:</b>	Sin determinar																																		
<b>Inflamabilidad ( sólido, gaseiforme ):</b>	Fácilmente inflamable.																																		
<b>Temperatura fulminante:</b>	Sin determinar																																		
<b>Temperatura de descomposición:</b>	Sin determinar																																		
<b>Temperatura de auto-inflamación:</b>	El producto no es autoinflamable.																																		
<b>Propiedades explosivas:</b>	No determinado.																																		
<b>Límites de explosión:</b>																																			
<b>Inferior:</b>	Sin determinar																																		
<b>Superior:</b>	Sin determinar																																		
( se continua en página 3 )																																			

Nombre comercial: **Platinum, 5% on carbon, dry**

( se continua en página 2 )

Presión de vapor:	No aplicable.
Densidad a 20 °C:	2,26 g/cm³
Densidad relativa	No determinado.
Densidad de vapor	No aplicable.
Tasa de evaporación:	No aplicable.
Solubilidad en / mezclabilidad con	
Agua:	Insoluble
Coeficiente de distribución ( n-Octano/agua ):	No determinado.
Viscosidad	
Dinámica:	No aplicable.
Cinemática:	No aplicable.
Concentración del medio de solución:	
Medios orgánicos de solución:	0,0 %
Concentración del cuerpo sólido:	100,0 %
9.2 Otros datos	No existen más datos relevantes disponibles.

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad**

**10.1 Reactividad** No se dispone de información.  
**10.2 Estabilidad química** Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.  
**Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:** No se descompone con almacenaje y manejo adecuado.  
**10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas** Reacciones con medios de oxidación fuertes  
**10.4 Condiciones que deben evitarse** No existen más datos relevantes disponibles.  
**10.5 Materiales incompatibles:**  
Ácidos  
Agentes oxidantes  
**10.6 Productos de descomposición peligrosos:**  
Monóxido de carbono y dióxido de carbono  
óxido de platino

**SECCIÓN 11: Información toxicológica**

**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**  
**Toxicidad aguda** El Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas (RTECS) contiene datos de toxicidad aguda para los componentes de este producto.  
**Valores LD/LC50 (dosis letal /dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:** Sin datos  
**Irritación o corrosión:** Puede causar irritación  
**Irritación de los ojos o la corrosión:** Puede producir irritación  
**Sensibilización respiratoria o cutánea** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.  
**Mutagenicidad en células germinales:** No hay efectos conocidos.  
**Carcinogenicidad:**  
El Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas (RTECS) incluye datos tumorigénicos y/o carcinógenos y/o neoplásicos para este producto. .  
No hay datos clasificatorios sobre las propiedades carcinógenas de este material de la EPA, IARC, NTP, OSHA o ACGIH.  
**Toxicidad para la reproducción:** No hay efectos conocidos.  
**Específica en determinados órganos del sistema toxicidad - La exposición repetida:** No hay efectos conocidos.  
**Específica en determinados órganos del sistema toxicidad - exposición única:** No hay efectos conocidos.  
**Peligro por aspiración:** No hay efectos conocidos.  
**Toxicidad de subaguda a crónica:**  
El Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas (RTECS) contiene varios datos de toxicidad de dosis de esta sustancia.  
**Instrucciones adicionales toxicológicas:** Que nosotros sepamos no se conoce totalmente la toxicidad aguda y crónica de esta sustancia.


**SECCIÓN 12: Información ecológica**

**12.1 Toxicidad**  
**Toxicidad acuática** No existen más datos relevantes disponibles.  
**12.2 Persistencia y degradabilidad** No existen más datos relevantes disponibles.  
**12.3 Potencial de bioacumulación** No existen más datos relevantes disponibles.  
**12.4 Movilidad en el suelo** No existen más datos relevantes disponibles.  
**Indicaciones medioambientales adicionales:**  
**Instrucciones generales:**  
Nivel de riesgo para el agua 1 (autoclasiación): escasamente peligroso para el agua  
En estado no diluido o no neutralizado, no dejar que se infiltre en aguas subterráneas, aguas superficiales o en alcantarillados.  
Es necesario evitar un contacto con el medio ambiente.  
**12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**  
**PBT:** No aplicable.  
**mPmB:** No aplicable.  
**12.6 Otros efectos adversos** No existen más datos relevantes disponibles.

**SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación**


**13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**  
**Recomendación:**  
Entregar a colectores de basura especial o llevar a un depósito de sustancias problemáticas.  
Debe ser sometido a un tratamiento especial conforme a las normativas oficiales.  
Consulte la normativa autonómica, local o nacional para una eliminación apropiada como desecho.  
**Embalajes no purificados:**  
**Recomendación:** Eliminación conforme a las disposiciones administrativas.

**SECCIÓN 14: Información relativa al transporte**

Número ONU ADR, IMDG, IATA	UN1325
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas ADR IMDG, IATA	1325 SÓLIDO INFLAMABLE ORGÁNICO, N.E.P. (CARBÓN ACTIVADO) FLAMMABLE SOLID, ORGANIC, N.O.S. (CARBON, ACTIVATED)
14.3 Clase(s) de peligro para el transporte ADR	
	
Clase	4.1 (F1) Materias sólidas inflamables, Materias autorreactivas y Materias explosivas desensibilizadas sólidas

( se continua en página 4 )  
ES



Nombre comercial: <b>Platinum, 5% on carbon, dry</b>	
( se continua en página 3 )	
<b>Etiqueta</b> <b>IMDG, IATA</b> 	4.1
<b>Class</b>	4.1 Materias sólidas inflamables, Materias autorreactivas y Materias explosivas desensibilizadas sólidas
<b>Label</b>	4.1
<b>Grupo de embalaje</b> <b>ADR, IMDG, IATA</b>	III
<b>14.5 Peligros para el medio ambiente:</b> <b>Marine pollutant:</b>	No
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	Atención: Materias sólidas inflamables, Materias autorreactivas y Materias explosivas desensibilizadas sólidas
<b>Número Kemler:</b> <b>Número EMS:</b> <b>Stowage Category</b>	40 F-A,S-G B
<b>14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y el Código IBC</b>	No aplicable.
<b>Transporte/datos adicionales:</b>	
<b>ADR</b> <b>Cantidades exceptuadas (EQ):</b> <b>Cantidades limitadas (LQ)</b> <b>Cantidades exceptuadas (EQ)</b>	E1 5 kg Código: E1 Cantidad neta máxima por envase interior: 30 g Cantidad neta máxima por embalaje exterior: 1000 g
<b>Categoría de transporte</b> <b>Código de restricción del túnel</b>	3 E
<b>IMDG</b> <b>Limited quantities (LQ)</b> <b>Excepted quantities (EQ)</b>	5 kg Code: E1 Maximum net quantity per inner packaging: 30 g Maximum net quantity per outer packaging: 1000 g
<b>"Reglamentación Modelo" de la UNECE:</b>	UN 1325 SÓLIDO INFLAMABLE ORGÁNICO, N.E.P. (CARBÓN ACTIVADO), 4.1, III

**SECCIÓN 15: Información reglamentaria**

**15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**

**Directiva 2012/18/UE**  
**Sustancias peligrosas nominadas - ANEXO I** ninguno de los componentes está incluido en una lista

**Reglamento nacional:**  
**Indicaciones sobre las limitaciones de trabajo:**  
Tener en cuenta las limitaciones de empleo para los jóvenes.  
Uso restringido a personas técnicamente cualificadas.  
**Clasificación según VbF:** No aplicable

**Clase de peligro para el agua:** CPA 1 (autoclasiificación): poco peligroso para el agua.  
**Demás disposiciones, limitaciones y decretos prohibitivos**

**Sustancias altamente preocupantes (SVHC) según REACH (CE) N ° 1907/2006.**  
Ninguno de los ingredientes se enumeran.

**Deben respetarse las condiciones de restricciones de acuerdo con el artículo 67 y el anexo XVII del Reglamento (CE) nº 1907/2006 (REACH) para la fabricación, comercialización y uso.**  
ninguno de los componentes está incluido en una lista

**Anexo XIV del Reglamento REACH (que requieren la autorización para su uso)**  
ninguno de los componentes está incluido en una lista

**15.2 Evaluación de la seguridad química:** Una evaluación de la seguridad química no se ha llevado a cabo.

<b>SECCIÓN 16: Otra información</b> Los empresarios deben usar esta información sólo como complemento a otras informaciones que puedan reunir y deben enjuiciar de forma independiente la aptitud de esta información para asegurar un uso adecuado y proteger la salud y seguridad de sus empleados. Esta información se suministra sin ninguna garantía y cualquier uso del producto que no esté conforme con la hoja de datos de seguridad del material o en combinación con cualquier otros productos o procesos es responsabilidad del usuario. <b>Frases relevantes</b> H228 Sólido inflamable. H252 Se calienta espontáneamente en grandes cantidades; puede inflamarse. <b>Sector que expide la hoja de datos de seguridad:</b> Departamento de Marketing Global <b>Abreviaturas y acrónimos:</b> ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera) IMDG: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas IATA: International Air Transport Association GHS: Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances ELINCS: European List of Notified Chemical Substances CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society) HMIS: Hazardous Materials Identification System (USA) VbF: Verordnung über brennbare Flüssigkeiten, Österreich (Ordinance on the storage of combustible liquids, Austria) LC50: Lethal concentration, 50 percent DL50: dosis letal, 50 por ciento PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic SVHC: Substances of Very High Concern vPvB: very Persistent and very Bioaccumulative ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (USA) OSHA: Occupational Safety and Health Administration (USA) NTP: National Toxicology Program (USA) IARC: International Agency for Research on Cancer EPA: Environmental Protection Agency (USA) CLP: The regulation on classification, labelling and packaging. Flam. Sol. 1: Sólidos inflamables – Categoría 1 Flam. Sol. 2: Sólidos inflamables – Categoría 2 Self-heat. 2: Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo – Categoría 2
---

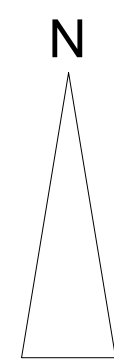


**DOCUMENTO II**  
**PLANOS**

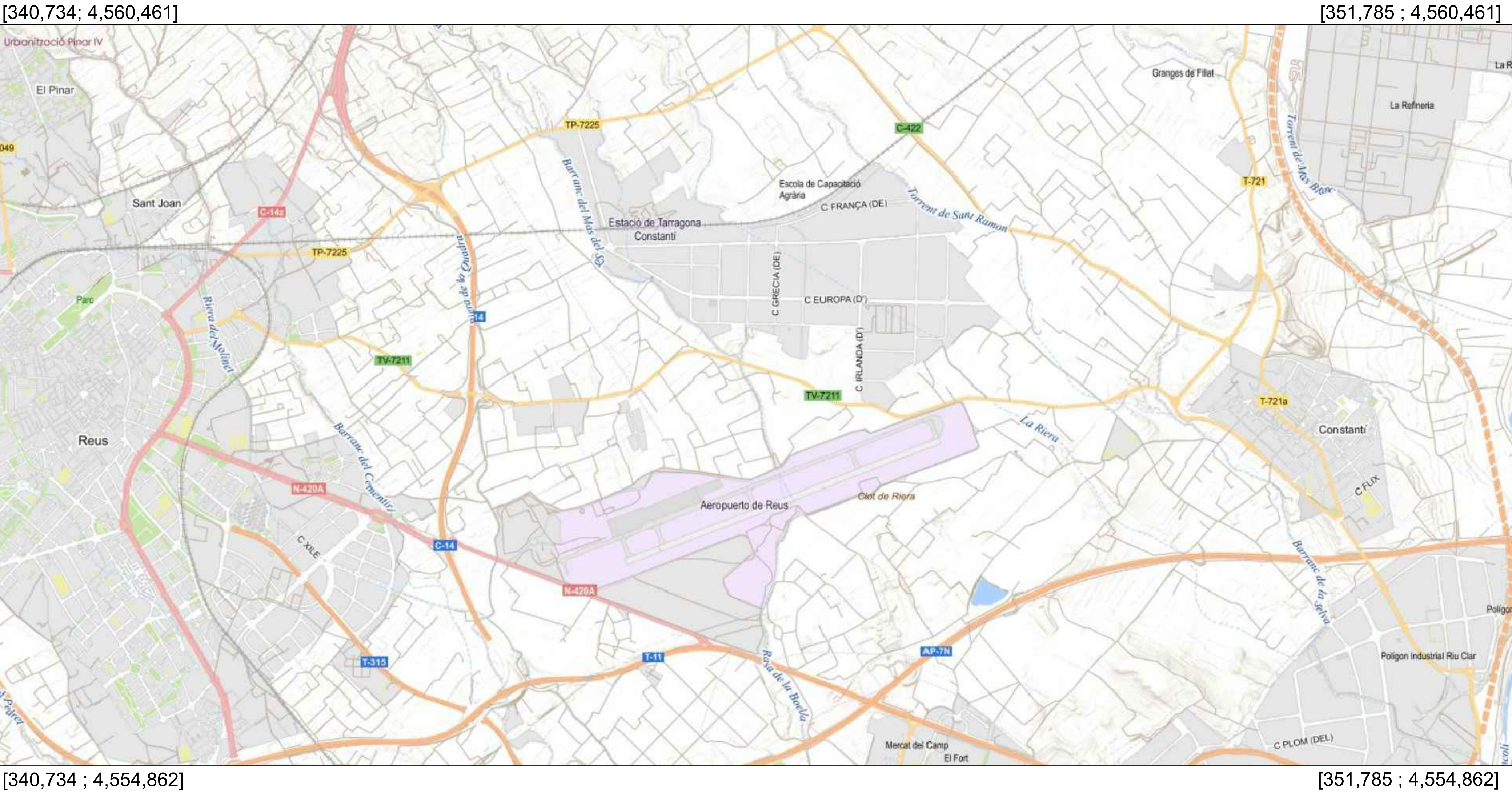
## **ÍNDICE**

1. Plano de situación.
2. Plano de emplazamiento.
3. Plano de implantación.
4. Diagrama de Flujo (PFD).
5. Diagrama de Instrumentación y control.
6. Plano de implantación.



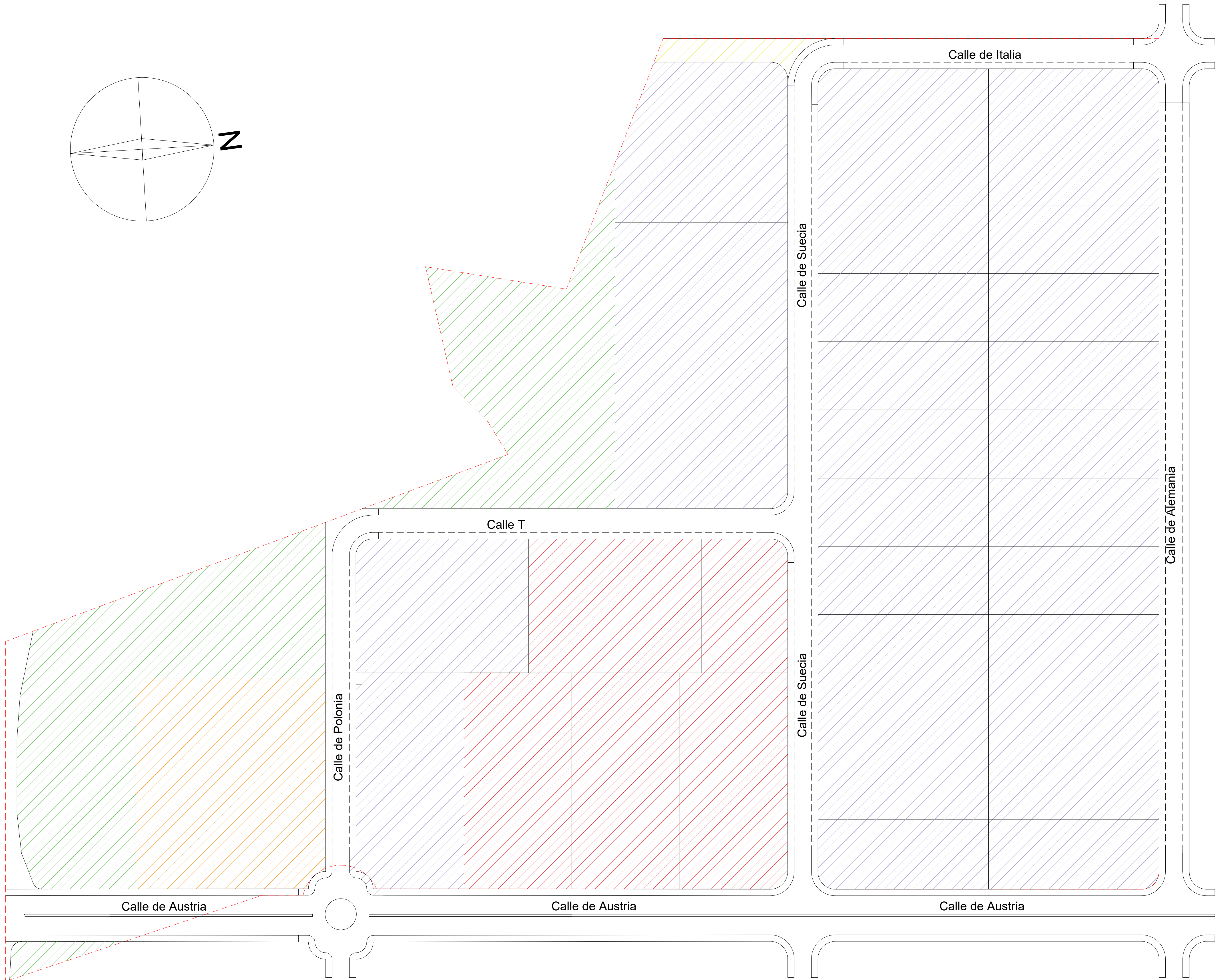


Provincia de Tarragona  
Coordenadas U.T.M. Huso: 31 ETRS89





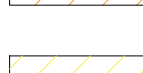


Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto  Planta de produción de paracetamol			
Autor del proyecto:  José Ramón Fachado Abuín		Título del plano:  Plano de situación	
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: 1/20000	Nº de plano: 1/7

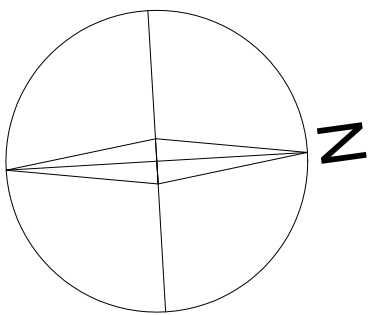
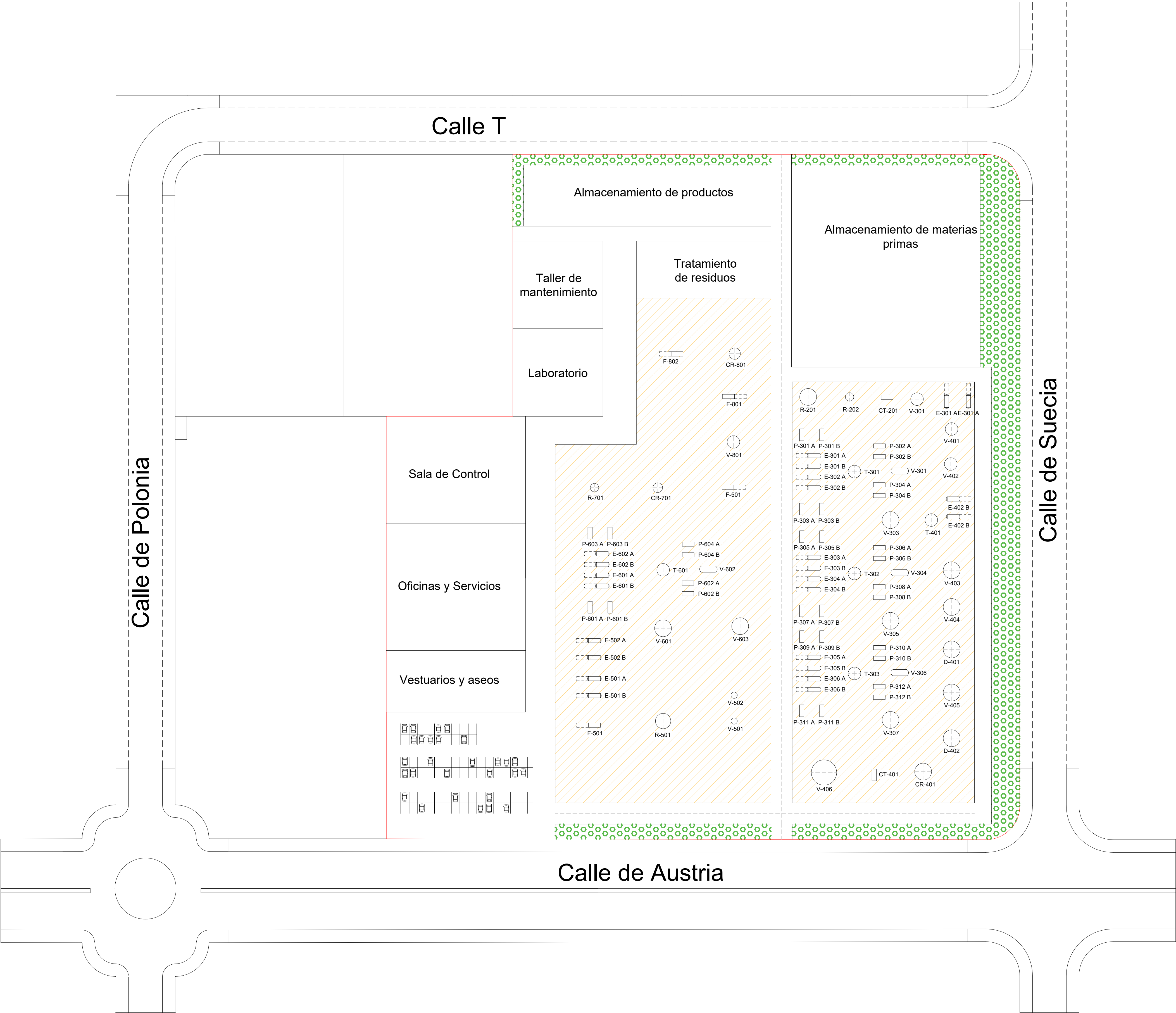




## LEYENDA

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| ---   | Límites del polígono      |
|    | Localización de la planta |
|    | Zona industrial           |
|   | Zona verde                |
|  | Equipamiento              |
|  | Reserva vial              |

<p align="center"><b>Universidade de Compostela</b>  <b>Escola Técnica Superior de Enxeñaría</b></p>			
<p align="center"><b>Título do proxecto</b></p> <p align="center"><b>Planta de produción de paracetamol</b></p>			
<p><b>Autor do proxecto:</b></p> <p align="center"><b>José Ramón Fachado Abuín</b></p>		<p><b>Título do plano:</b></p> <p align="center"><b>Plano de emplazamiento</b></p>	
<p><b>Firma:</b></p>	<p><b>Fecha:</b></p> <p align="center"><b>Julio 2018</b></p>	<p><b>Escala:</b></p> <p align="center"><b>1/1000</b></p>	<p><b>Nº de plano:</b></p> <p align="center"><b>2/7</b></p>



LEYENDA



Zona de proceso

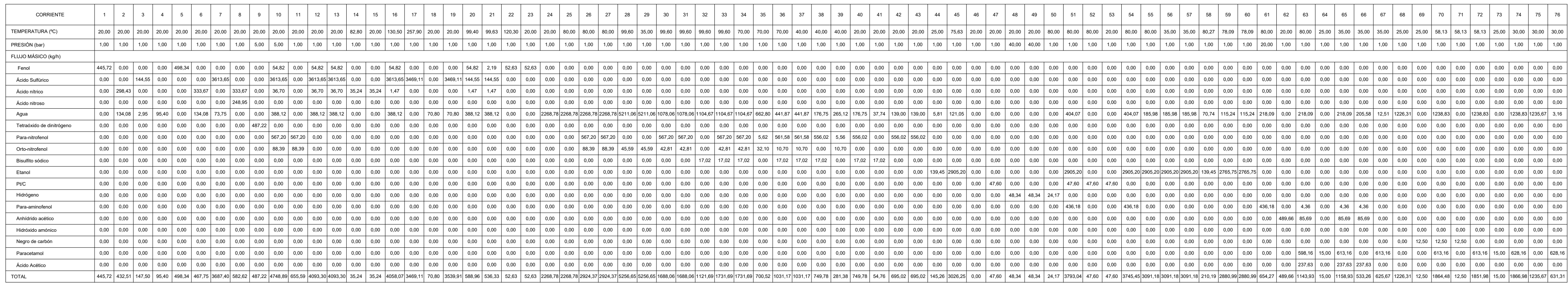


Límites de la parcela

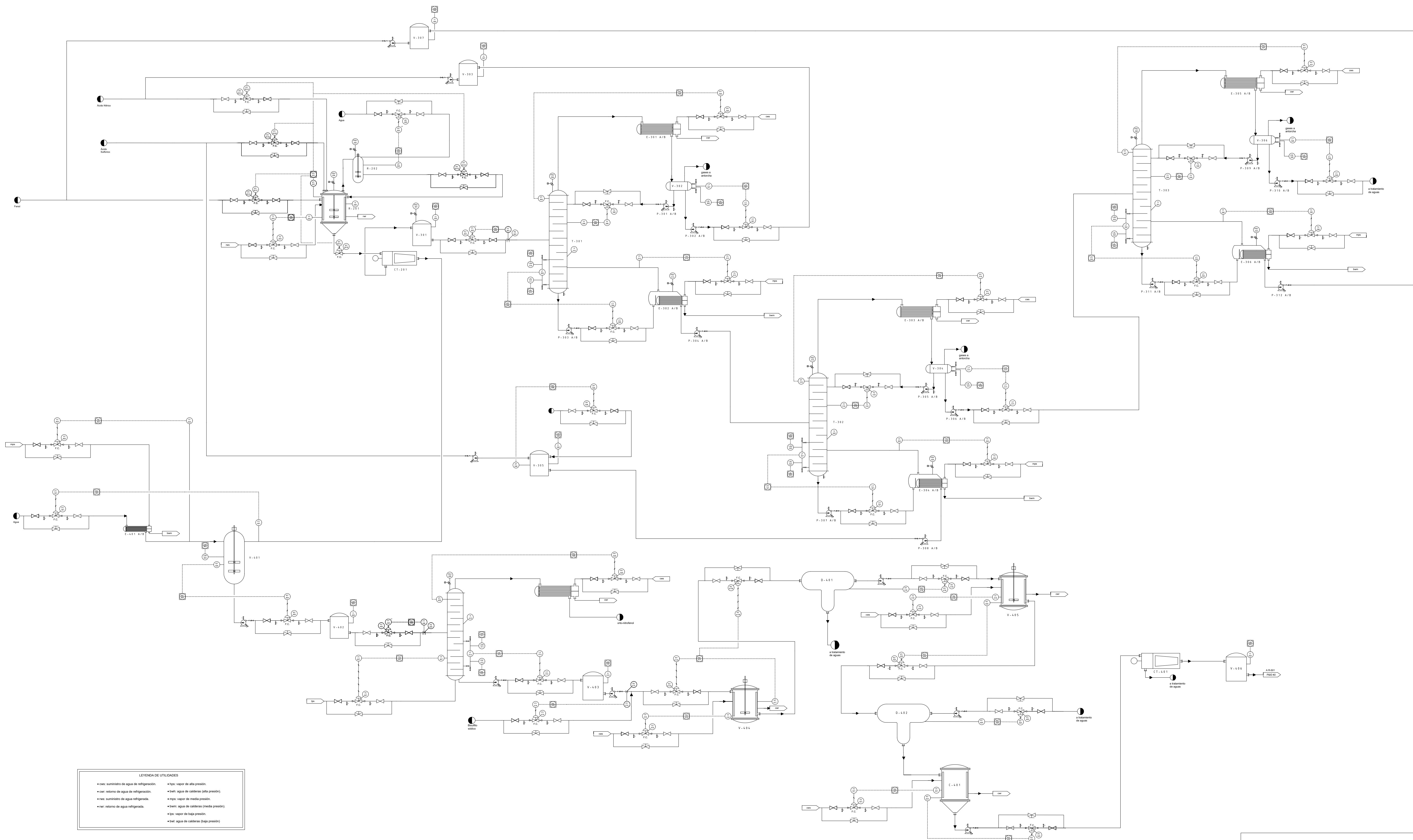


Zonas verdes

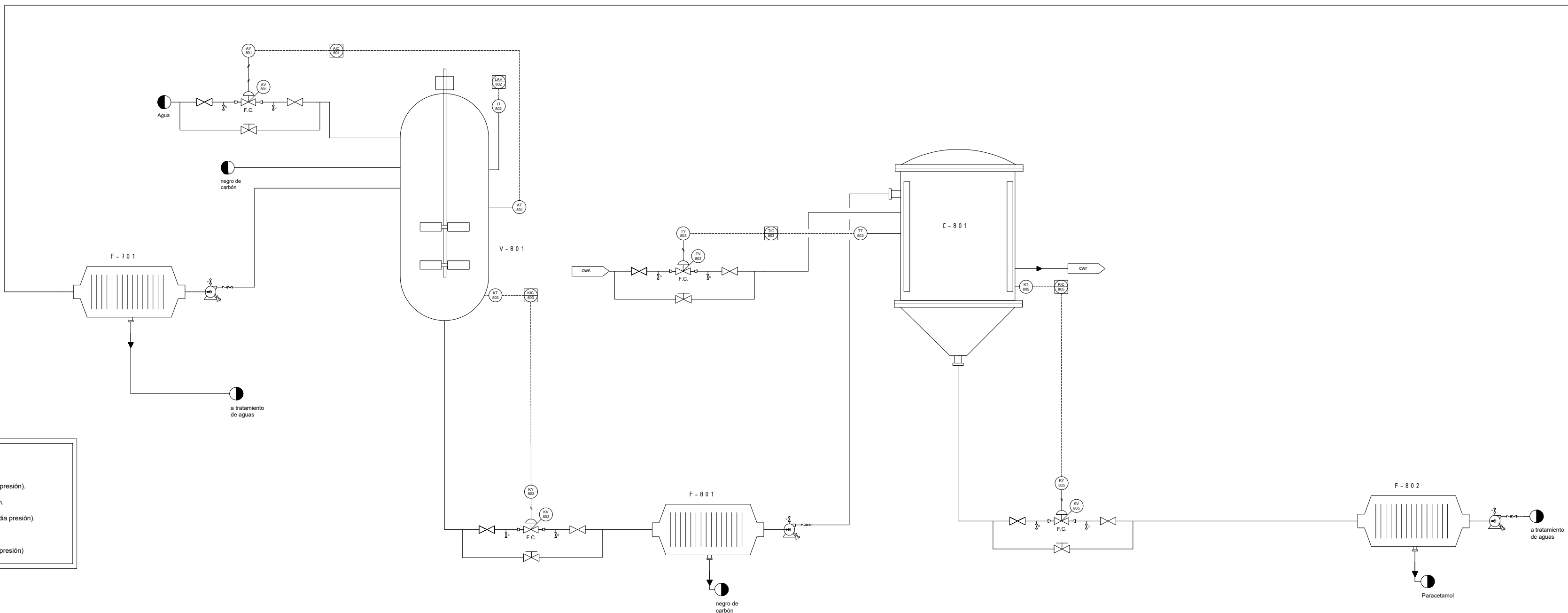
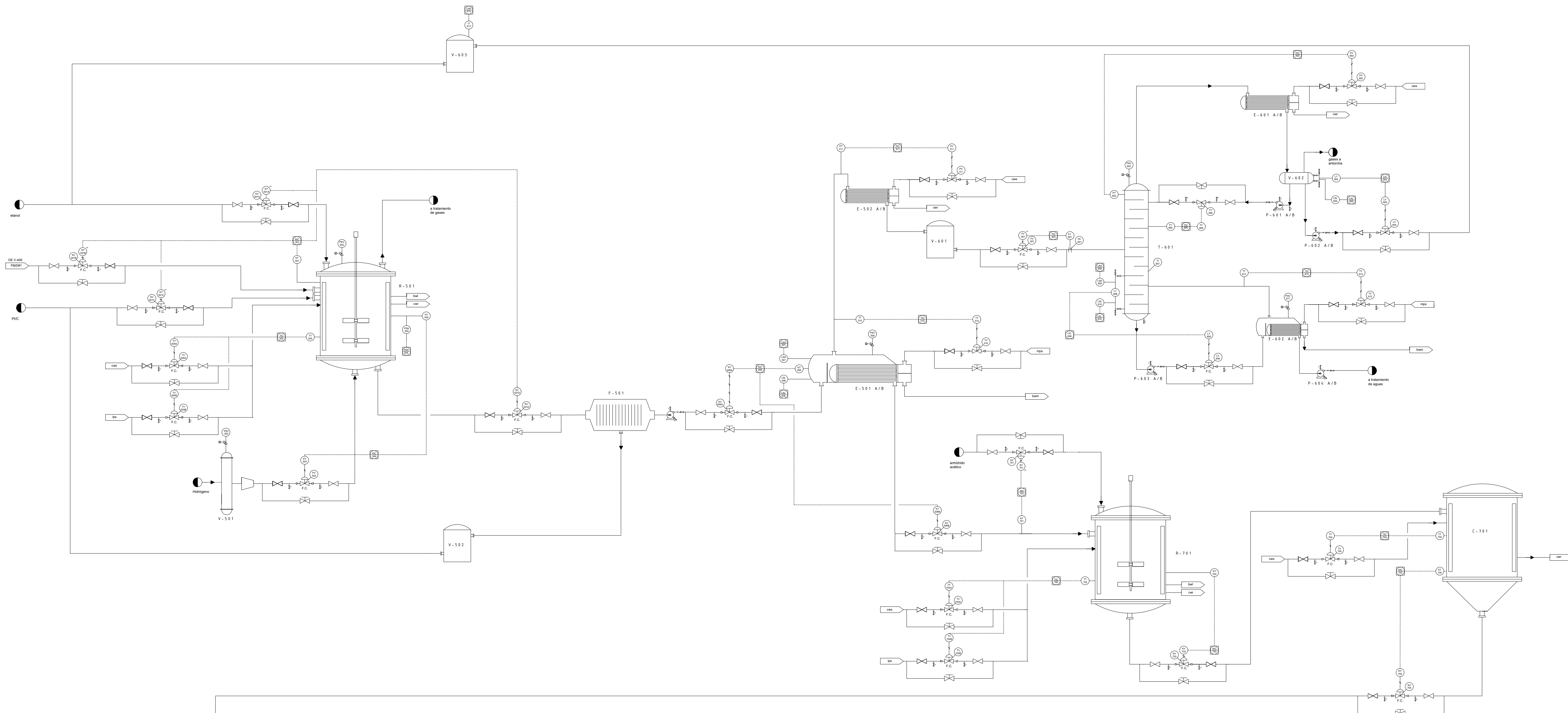
Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto Planta de producción de paracetamol			
Autor del proyecto: José Ramón Fachado Abuín		Título del plano: Plano de implantación	
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: 1/500	Nº de plano: 3/7



Sección 200- Reacción					
R-201	Reactor de nitración				
R-202	Reactor térmico				
CT-202	Centrifugadora				
Sección 300- Separación					
V-301	Tanque pulmón				
T-301	Columna de destilación				
E-301 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
V-302	Tanque de reflujo				
P-301 A/B	Bomba				
P-302 A/B	Bomba				
E-302 A/B	Intercambiador de calor, reboiler				
P-303 A/B	Bomba				
P-304 A/B	Bomba				
V-303	Tanque de almacenamiento intermedio				
T-302	Columna de destilación				
E-303 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
V-304	Tanque de reflujo				
P-305 A/B	Bomba				
P-306 A/B	Bomba				
E-304 A/B	Intercambiador de calor, reboiler				
P-307 A/B	Bomba				
P-308 A/B	Bomba				
V-305	Tanque de almacenamiento intermedio				
T-303	Columna de destilación				
E-305 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
V-306	Tanque de reflujo				
P-309 A/B	Bomba				
P-310 A/B	Bomba				
E-306 A/B	Intercambiador de calor, reboiler				
P-311 A/B	Bomba				
P-312 A/B	Bomba				
V-307	Tanque de almacenamiento intermedio				
Sección 400- Purificación					
V-401	Tanque de mezcla				
V-402	Tanque pulmón				
T-401	Columna de destilación por arrastre con vapor				
E-402 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
V-403	Tanque pulmón				
V-404	Tanque de mezcla				
D-401	Decantador				
V-405	Tanque de mezcla				
D-402	Decantador				
C-401	Cristalizador				
CT-401	Centrifugadora				
V-406	Tanque de almacenamiento intermedio				
Sección 500- Reacción					
R-501	Reactor de hidrogenación				
F-501	Filtro prensa				
V-501	Tanque				
V-502	Tanque de almacenamiento				
E-501 A/B	Intercambiador de calor, evaporador				
E-502 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
Sección 600- Recuperación					
V-601	Tanque pulmón				
T-601	Columna de destilación				
E-601 A/B	Intercambiador de calor, condensador				
V-602	Tanque de reflujo				
P-601 A/B	Bomba				
P-602 A/B	Bomba				
E-602 A/B	Intercambiador de calor, reboiler				
P-603 A/B	Bomba				
P-604 A/B	Bomba				
V-603	Tanque de almacenamiento intermedio				
Sección 700- Reacción					
R-701	Reactor de acetilación				
C-701	Cristalizador				
F-701	Filtro prensa				
Sección 800- Purificación					
V-801	Tanque de mezcla				
F-801	Filtro prensa				
C-801	Cristalizador				
F-802	Filtro prensa				
<div>Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría</div>					
Título del proyecto: <div>Planta de produción de paracetamol</div>					
Autor del proyecto: <div>José Ramón Fachado Abuin</div>			Título del plano: <div>Diagrama de flujo (PFD)</div>		
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: S/E	Nº de plano: 4/7		



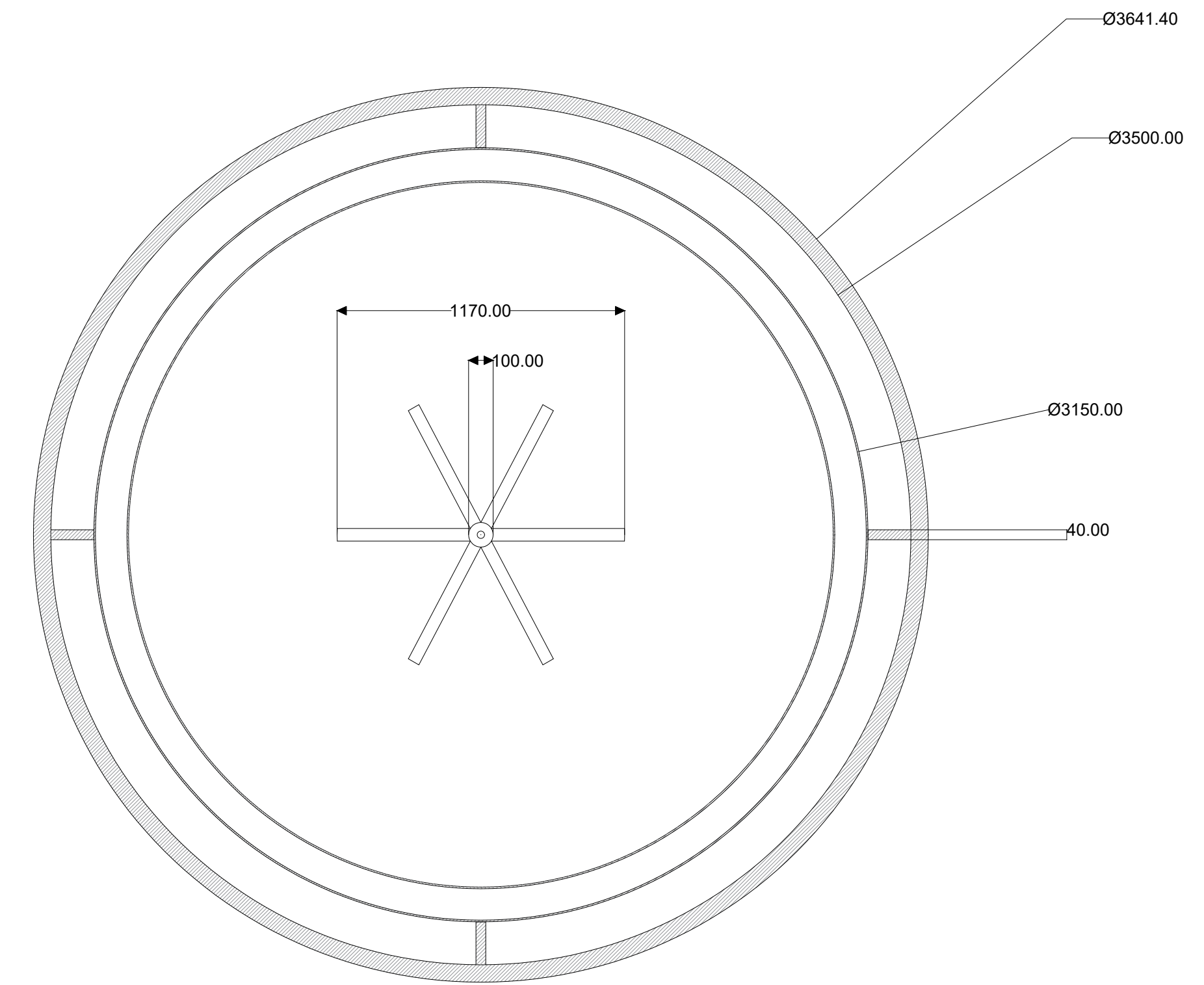
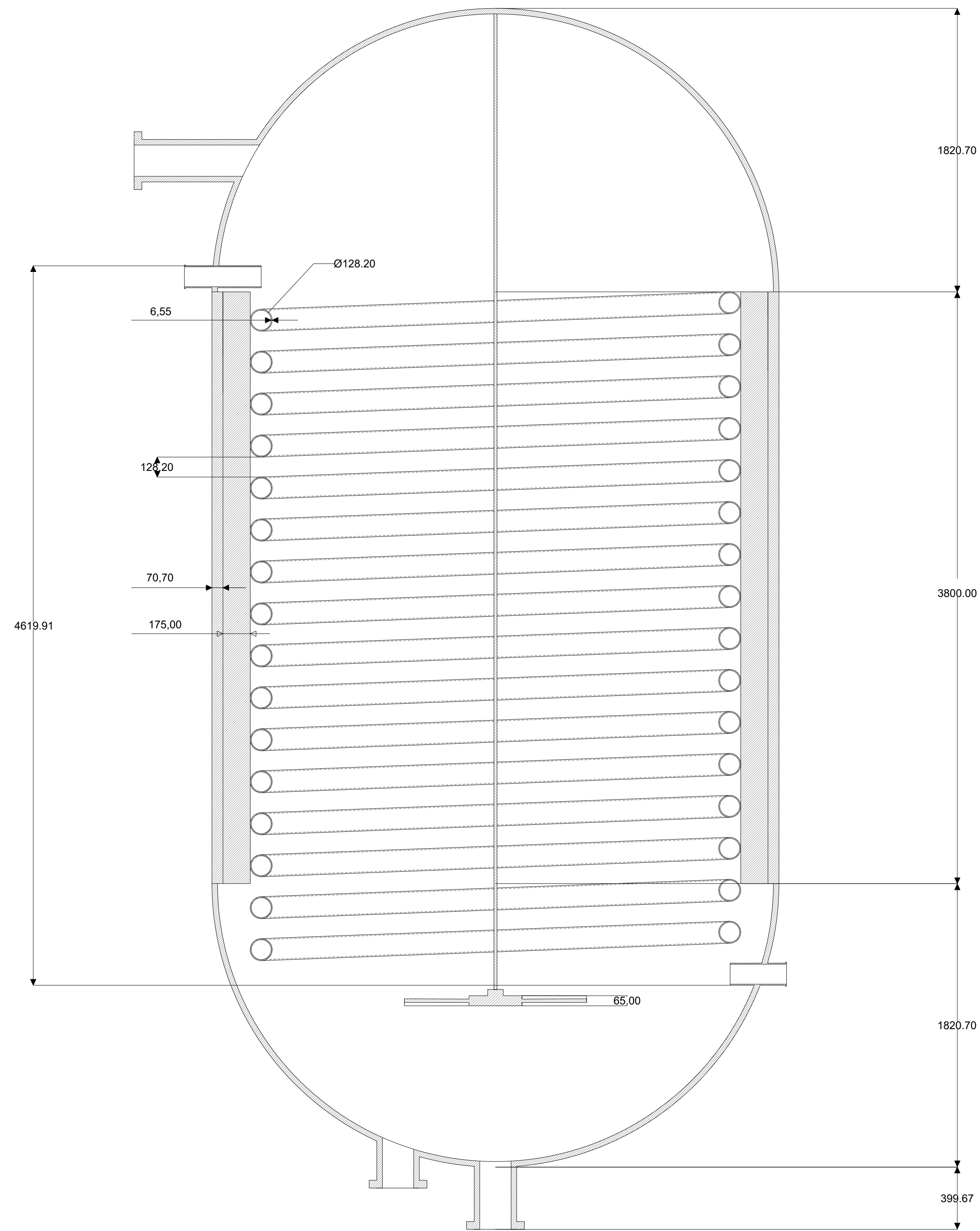
Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto: Planta de produción de paracetamol			
Autor del proyecto: José Ramón Fachado Abuín		Título del plano: P&ID #1	
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: S/E	Nº de plano: 5/7



LEYENDA DE UTILIDADES			
• ow: suministro de agua de refrigeración.	• lps: vapor de alta presión.		
• ow: retorno de agua de refrigeración.	• lwh: agua de calderas (alta presión).		
• nw: suministro de agua de refrigeración.	• mps: vapor de media presión.		
• nw: retorno de agua de refrigeración.	• lwn: agua de calderas (media presión).		
	• lps: vapor de baja presión.		
	• lwl: agua de calderas (baja presión).		

Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto: Planta de producción de paracetamol			
Autor del proyecto: José Ramón Fachado Abuíñ		Título del plano: P&ID #2	
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: S/E	Nº de plano: 6/7





NOTA: Las dimensiones están expresadas en milímetros

Universidade de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto Planta de produción de paracetamol			
Autor del proyecto: José Ramón Fachado Abuín		Título del plano: Reactor R-501	
Firma:	Fecha: Julio 2018	Escala: 1/20	Nº de plano: 7/7

**DOCUMENTO III**  
**PRESUPUESTO**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	INTRODUCCIÓN .....	2
2	COSTE DE LOS EQUIPOS .....	3
3	CÁLCULO DE LOS PRESUPUESTOS PARCIALES.....	8
3.1	Instalación de equipos .....	9
3.2	Tuberías.....	10
3.3	Instrumentación y control.....	11
3.4	Instalación eléctrica.....	12
3.5	Utilidades .....	13
3.6	Off-site .....	14
3.7	Edificios de proceso .....	15
3.8	Acondicionamiento de terrenos.....	16
3.9	Almacenamientos .....	17
3.10	Ingeniería, diseño y construcción.....	18
3.11	Honorarios del contratista .....	19
3.12	Fondo de contingencias .....	20
3.13	Capital circulante.....	21
4	PRESUPUESTO TOTAL .....	22

## 1 INTRODUCCIÓN

En este documento se detalla el presupuesto necesario para el desarrollo de la obra y la instalación para la puesta en marcha de la planta de producción de paracetamol. Para ello se empleará el método de las capacidades para el cálculo del coste de los equipos, y se aplicará el método factorial para el cálculo de las diferentes partidas del presupuesto. Ambos se encuentran recogidos en *Perry's Chemical Engineering Handbook* (Perry, 1997) y en *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of plant and process design*. (Sinnot, y otros, 2008)

## 2 COSTE DE LOS EQUIPOS

La estimación del coste de los equipos se realizará mediante el método de las capacidades. Para el cálculo del coste del equipo se emplea la ecuación 1.

$$C_{Ein} = a + b \cdot S^n \quad [Ecuación 1]$$

Donde:

- $C_{Ein}$ : es el coste del equipo de acero al carbono comprado en USA en el año 2006, en \$.
- $a, b$ : constantes predefinidas por el método mostradas en las tablas 1 y 2.
- $n$ : exponente que depende del tipo de equipo.
- $S$ : capacidad del equipo, en las unidades definidas por el método.

Además, para el cálculo del precio de los equipos empleando este método se debe tener en cuenta que existe un límite de capacidad máximo y mínimo, por lo que la ecuación puede no ser válida en todos los casos. En las tablas 1 y 2 se muestran los parámetros del método.

Tabla 1 Parámetros para el cálculo del coste de equipos por capacidad

Equipment	Units for Size, $S$	$S_{\text{Lower}}$	$S_{\text{Upper}}$	$a$	$b$	$n$	Note
<i>Agitators &amp; mixers</i>							
Propeller	driver power, kW	5.0	75.0	4,300	1,920	0.8	
Spiral ribbon mixer	driver power, kW	5.0	35.0	11,000	420	1.5	
Static mixer	Liters/s	1.0	50.0	780	62	0.8	
<i>Boilers</i>							
Packaged, 15 to 40 bar	kg/h steam	5,000.0	200,000.0	4,600	62	0.8	
Field erected, 10 to 70 bar	kg/h steam	20,000.0	800,000.0	-90,000	93	0.8	
<i>Centrifuges</i>							
High-speed disk	diameter, m	0.26	0.49	63,000	260,000	0.8	
Atmospheric suspended basket	power, kW	2.0	20.0	37,000	1,200	1.2	
<i>Compressors</i>							
Blower	m <sup>3</sup> /h	200.0	5,000.0	4,200	27	0.8	
Centrifugal	driver power, kW	132.0	29,000.0	8,400	3,100	0.6	
Reciprocating	driver power, kW	100.0	16,000.0	240,000	1.33	1.5	
<i>Conveyors</i>							
Belt, 0.5 m wide	length, m	10.0	500.0	21,000	340	1.0	
Belt, 1.0 m wide	length, m	10.0	500.0	23,000	575	1.0	
Bucket elevator, 0.5 m bucket	height, m	10.0	35.0	14,000	1,450	1.0	
<i>Crushers</i>							
Reversible hammer mill	tonne/h	20.0	400.0	400	9,900	0.5	
Pulverizers	kg/h	200.0	4,000.0	3,000	390	0.5	
<i>Crystallizers</i>							
Scraped surface crystallizer	length, m	7.0	280.0	41,000	40,000	0.7	
<i>Distillation columns</i>							
See pressure vessels, packing, and trays							
<i>Dryers</i>							
Direct contact rotary	area, m <sup>2</sup>	11.0	180.0	-7,400	4,350	0.9	1
Pan	area, m <sup>2</sup>	1.5	15.0	-5,300	24,000	0.5	2
Spray dryer	evap rate kg/h	400.0	4,000.0	190,000	180	0.9	
<i>Evaporators</i>							
Vertical tube	area, m <sup>2</sup>	11.0	640.0	17,000	13,500	0.6	
Agitated falling film	area, m <sup>2</sup>	0.5	12.0	29,000	53,500	0.6	

(continued)

Tabla 2 Parámetros para el cálculo del coste de equipos por capacidad (continuación)

Equipment	Units for Size, <i>S</i>	<i>S</i> <sub>Lower</sub>	<i>S</i> <sub>Upper</sub>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	Note
<i>Exchangers</i>							
U-tube shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	10,000	88	1.0	
Floating head shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	11,000	115	1.0	
Double pipe	area, m <sup>2</sup>	1.0	80.0	500	1,100	1.0	
Thermosyphon reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	13,000	95	1.0	
U-tube Kettle reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	14,000	83	1.0	
Plate and frame	area, m <sup>2</sup>	1.0	180.0	1,100	850	0.4	3
<i>Filters</i>							
Plate and frame	capacity, m <sup>3</sup>	0.4	1.4	76,000	54,000	0.5	
Vacuum drum	area, m <sup>2</sup>	10.0	180.0	−45,000	56,000	0.3	
<i>Furnaces</i>							
Cylindrical	duty, MW	0.2	60.0	53,000	69,000	0.8	
Box	duty, MW	30.0	120.0	7,000	71,000	0.8	
<i>Packings</i>							
304 ss Raschig rings	m <sup>3</sup>			0	3,700	1.0	
Ceramic intalox saddles	m <sup>3</sup>			0	930	1.0	
304 ss Pall rings	m <sup>3</sup>			0	4,000	1.0	
PVC structured packing	m <sup>3</sup>			0	250	1.0	
304 ss structured packing	m <sup>3</sup>			0	3,200	1.0	4
<i>Pressure vessels</i>							
Vertical, cs	shell mass, kg	150.0	69,200.0	−400	230	0.6	5
Horizontal, cs	shell mass, kg	250.0	69,200.0	−2,500	200	0.6	
Vertical, 304 ss	shell mass, kg	90.0	124,200.0	−10,000	600	0.6	5
Horizontal, 304 ss	shell mass, kg	170.0	114,000.0	−15,000	560	0.6	
<i>Pumps and drivers</i>							
Single-stage centrifugal	flow Liters/s	0.2	500.0	3,300	48	1.2	
Explosion-proof motor	power, kW	1.0	2,500.0	920	600	0.7	
Condensing steam turbine	power, kW	100.0	20,000.0	−19,000	820	0.8	
<i>Reactors</i>							
Jacketed, agitated	volume, m <sup>3</sup>	0.5	100.0	14,000	15,400	0.7	
Jacketed, agitated, glass-lined	volume, m <sup>3</sup>	0.5	25.0	13,000	34,000	0.5	
<i>Tanks</i>							
Floating roof	capacity, m <sup>3</sup>	100.0	10,000.0	53,000	2,400	0.6	
Cone roof	capacity, m <sup>3</sup>	10.0	4,000.0	5,700	700	0.7	
<i>Trays</i>							
Sieve trays	diameter, m	0.5	5.0	100	120	2.0	6
Valve trays	diameter, m	0.5	5.0	130	146	2.0	6
Bubble cap trays	diameter, m	0.5	5.0	200	240	2.0	6
<i>Utilities</i>							
Cooling tower & pumps	flow liters/s	100.0	10,000.0	61,000	650	0.9	7
Packaged mechanical refrigerator	evaporator duty, kW	50.0	1,500.0	4,900	720	0.9	
Water ion exchange plant	flow m <sup>3</sup> /h	1.0	50.0	6,200	4,300	0.7	

Por otra parte, es necesario recordar que estos valores son para equipos construidos en acero al carbono, y para otro tipo de materiales se debe aplicar un factor de corrección por material, mostrados en la tabla 3.

$$C_{Ein2} = C_{Ein} \cdot f_M \quad [Ecuación 2]$$

–  $f_M$ : factor de corrección en función del material.

Tabla 3 Valores del factor de corrección por material

Material	Factor de material, $f_M$
Acero al carbono	1,0
Aluminio y bronce	1,07
Fundición	1,1
Acero inoxidable 304	1,3
Acero inoxidable 316	1,3
Acero inoxidable 321	1,5
Hastelloy C	1,55
Monel	1,65
Níquel e Inconel	1,7

Además, debido a que las constantes para el precio son obtenidas para el año 2006, se deben actualizar empleando los índices de precios para los distintos equipos, empleando la ecuación 3.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{INDEX_1}{INDEX_2} \quad [Ecuación 3]$$

Donde:

- $C_i$ : coste del equipo en el año i.
- $INDEX_i$ : índice de precios en el año i.

Se emplearán los índices CEPCI, considerando el correspondiente al año 2006 como el índice inicial (478,6), mientras que el más actual data de enero de 2018 (576,4).

Por último, se empleará un factor de localización, siguiendo el criterio Aspen Richardson, por lo que se incrementa el precio obtenido anteriormente en un 3%. (Humphreys, 2005)

Los costes de los equipos se muestran en la tabla 4:



Tabla 4 Coste de equipos

<b>Ítem</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precios en €</b>
R-201	1	105.510
R-202	1	86.610
CT-202	1	222.382
V-301	1	18.669
T-301	1	86.610
E-301	2	29.827
E-302	2	44.069
P-303	2	9.227
P-304	2	9.194
T-302	1	64.947
E-303	2	29.827
E-304	2	46.344
P-307	2	9.194
P-308	2	9.178
V-305	1	19.372
T-303	1	76.215
E-305	2	29.827
E-306	2	40.656
E-401	2	30.156
V-401	1	16.946
V-402	1	16.946
T-401	1	52.477
E-402	2	33.051
V-403	1	13.746
V-404	1	13.899
D-401	1	13.899
V-405	1	11.927
D-402	1	11.927
CR-401	1	11.176
CT-41	1	222.382
R-501	1	416.809
E-501	2	167.331
T-601	1	96.331
E-601	2	34.652
P-601	2	9.163
P-602	2	9.147
V-603	1	16.946
R-701	1	105.510
C-701	1	12.280
V-801	1	14.200
C-801	1	14.051

<b>TOTAL</b>	<b>2.282.609</b>
--------------	------------------

### 3 CÁLCULO DE LOS PRESUPUESTOS PARCIALES

*Tabla 5 Factores para el cálculo de presupuestos parciales*

<b>Costes directos (CD)</b>	
Coste de equipos	1,00
Instalación de equipos	0,40
Tuberías	0,70
Instrumentación y control	0,20
Instalación eléctrica	0,10
Utilidades	0,50
Off-site	0,15
Edificios de proceso	0,15
Acondicionamiento de terrenos	0,05
Almacenamientos	0,15
<b>Costes indirectos (CI)</b>	
Diseño e ingeniería	0,30*
Honorarios contratista	0,05*
Fondo de contingencias	0,10*
<b>Capital fijo (CF=CD+CI)</b>	
<b>Capital circulante (CC)</b>	<b>0,15**</b>
*Sobre costes directos	
**Sobre capital fijo	

### 3.1 Instalación de equipos

*Tabla 6 Instalación de equipos*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Instalación de equipos	cimentaciones, máquinas y materiales aislamiento, montaje, mano de obra	Partidaalzada	913.044 €
TOTAL (€)			913.044 €

### 3.2 Tuberías

*Tabla 7 Tuberías*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Tuberías	Tuberías, accesorios, soportes, aislamiento, pintura	Partida alzada	1.597.826 €
TOTAL (€)			1.597.826 €

### 3.3 Instrumentación y control

*Tabla 8 Instrumentación y control*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Instrumentación y control	Instrumentos de medida, actuadores, controladores, montaje y programación	Partida alzada	456.522 €
TOTAL (€)			456.522 €

### 3.4 Instalación eléctrica

*Tabla 9 Instalación eléctrica*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Instalación eléctrica	Materiales, equipos, programación y montaje	Partida alzada	228.261 €
TOTAL (€)			228.261 €

## 3.5 Utilidades

Tabla 10 Utilidades

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Utilidades	Generación y distribución de vapor y electricidad. Agua de refrigeración, de proceso y de servicio y contra incendios. Aire comprimido y nitrógeno. Tratamiento de aguas y residuos.	Partida alzada	1.141.304 €
TOTAL (€)			1.141.304 €

## 3.6 Off-site

Tabla 11 Off-site

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Off-site	Edificios auxiliares, carreteras y accesos, infraestructuras de comunicaciones, protección contra incendios, almacenamiento de productos, sistemas de eliminación de residuos, dispositivos de carga y descarga y vehículos de la planta.	Partida alzada	342.391 €
TOTAL (€)			342.391 €



### 3.7 Edificios de proceso

*Tabla 12 Edificios de proceso*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Edificios de proceso	Edificio principal y servicios	Partidaalzada	342.391 €
TOTAL (€)			342.391 €

### 3.8 Acondicionamiento de terrenos

*Tabla 13 Acondicionamiento de terrenos*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Acondicionamiento de terrenos	Excavación, nivelación, drenajes, movimientos de tierra y limpieza de superficie.	Partida alzada	114.130 €
<b>TOTAL (€)</b>			<b>114.130 €</b>

### 3.9 Almacenamientos

*Tabla 14 Almacenamientos*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Almacenamientos	Materiales, aislamientos, accesorios, montaje y pinturas	Partidaalzada	342.391 €
TOTAL (€)			342.391 €

### 3.10 Ingeniería, diseño y construcción

*Tabla 15 Ingeniería, diseño y construcción*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Ingeniería, diseño y construcción	Diseño detallado del proceso, búsqueda de materias primas, cargos administrativos,	Partida alzada	2.328.261 €
TOTAL (€)			2.328.261 €

### 3.11 Honorarios del contratista

*Tabla 16 honorarios del contratista*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Honorarios del contratista	Beneficios del contratista	Partida alzada	388.043 €
TOTAL (€)			388.043 €

### 3.12 Fondo de contingencias

*Tabla 17 Fondo de contingencias*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Contingencias	Costes extra por cambios en el proyecto, en el precio, fluctuaciones de moneda y otros problemas	Partida alzada	776.087 €
TOTAL (€)			776.087 €

### 3.13 Capital circulante

*Tabla 18 Capital circulante*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Tuberías	Tuberías, accesorios, soportes, aislamiento, pintura	Partida alzada	1.687.989 €
TOTAL (€)			1.687.989 €

## 4 PRESUPUESTO TOTAL

Teniendo en cuenta las partidas calculadas en el apartado anterior, se muestra el presupuesto total de obra en la tabla 19.

*Tabla 19 Presupuesto total de la instalación*

Ítem	Descripción	Medición	Precio (€)
Presupuesto total	Coste de equipos	Partidaalzada	2282608,507
	Instalación de equipos	Partidaalzada	913.043 €
	Tuberías	Partidaalzada	1.597.826 €
	Instrumentación y control	Partidaalzada	456.522 €
	Instalación eléctrica	Partidaalzada	228.261 €
	Utilidades	Partidaalzada	1.141.304 €
	Off-site	Partidaalzada	342.391 €
	Edificios de proceso	Partidaalzada	342.391 €
	Acondicionamiento de terrenos	Partidaalzada	114.130 €
	Almacenamientos	Partidaalzada	342.391 €
	Diseño e ingeniería	Partidaalzada	2.328.261 €
	Honorarios contratista	Partidaalzada	388.043 €
	Fondo de contingencias	Partidaalzada	776.087 €
	Capital circulante	Partidaalzada	1.687.989 €
	<b>TOTAL (€)</b>		<b>12.941.249 €</b>

El presupuesto total estimado de construcción de la planta de producción de paracetamol asciende a la cantidad de DOCE MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y UN MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y NUEVE (12.941.249) EUROS.

Santiago de Compostela, julio de 2018

El autor del proyecto

José Ramón Fachado Abuín



**DOCUMENTO IV**  
**PLIEGO DE CONDICIONES**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	Disposiciones generales .....	7
1.1	Objeto.....	7
1.2	Concurso.....	7
1.3	Contrato.....	8
1.4	Programa .....	10
1.5	Estudios y documentación técnica .....	12
1.6	Pliegos, Instrucciones y Normas aplicables .....	14
1.7	Seguridad y accidentes de trabajo .....	15
2	CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	17
2.1	Materiales en general .....	17
2.2	Aceros .....	17
2.3	Resto de los materiales.....	18
3	NORMAS DE CÁLCULO.....	19
4	DISPOSICIONES GENERALES DE LA OBRA .....	20
4.1	Replanteo de la obra.....	20
4.2	Plazo de ejecución.....	20
4.3	Mano de obra.....	21
4.4	Mejoras y variaciones en el proyecto.....	22
4.5	Contradicciones, omisiones o errores en los documentos .....	23
4.6	Trabajos defectuosos o no autorizados.....	23
4.7	Suspensión de las obras.....	24
4.8	Seguros y asistencia médica.....	26

5	ENSAYOS, PRUEBAS Y PROTECCIONES .....	27
5.1	Ensayos en taller.....	27
5.2	Presentación en taller .....	27
5.3	Protección contra la corrosión.....	28
5.3.1	Intercambiadores de calor.....	28
5.3.2	Tuberías .....	29
5.3.3	Columnas y depósito de presión .....	30
5.3.4	Bombas .....	30
6	FABRICACIÓN, MONTAJE, RECEPCIÓN Y GARANTÍAS .....	32
6.1	Inspección fabril.....	32
6.2	Montaje e Inspección .....	32
6.3	Controles .....	33
6.3.1	Intercambiadores de calor.....	33
6.3.2	Tuberías .....	34
6.3.3	Columnas y depósito a presión .....	34
6.3.4	Bombas .....	34
6.3.5	Prueba hidráulica en taller .....	35
6.4	Acta de fin de montaje .....	35
6.5	Ajustes, ensayos y servicio experimental.....	35
6.6	Recepción provisional .....	36
6.7	Período de garantía.....	36
6.8	Recepción definitiva.....	37
7	ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y SEGUROS .....	39
7.1	Almacenamiento.....	39
7.2	Transporte.....	39
7.3	Seguros de transporte .....	40
7.4	Importación de materiales y equipos.....	40
8	ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS .....	42

8.1	Dirección de las obras y representación del adjudicatario .....	42
8.2	Terrenos para la ejecución de las obras .....	43
8.3	Instalaciones auxiliares .....	44
8.4	Relación entre la Propiedad y el Adjudicatario .....	45
8.5	Subcontratación de obras .....	47
8.6	Personal de montaje .....	47
8.7	Seguros y asistencia médica .....	48
9	ABONO DE LAS OBRAS .....	50
9.1	Definición de precios .....	50
9.2	Prestaciones accesorias y trabajos por admisión .....	51
9.3	Trabajos no previstos .....	52
9.4	Revisión de precios .....	53
9.5	Condiciones de pago .....	55
9.6	Penalizaciones .....	55
9.7	Indemnizaciones a favor del Adjudicatario .....	56
9.8	Rescisión de contrato .....	56
9.9	Legislación .....	59
1	DISPOSICIONES GENERALES .....	59
1.1	Objeto .....	59
2	EDIFICACIÓN .....	60
2.1	Condiciones generales .....	60
2.1.1	Calidad de los materiales .....	60
2.1.2	Pruebas y ensayos de los materiales .....	60
2.1.3	Materiales no previstos en el proyecto .....	60
2.1.4	Condiciones generales de ejecución de las obras .....	60
2.2	Condiciones a cumplir por los materiales .....	61
2.2.1	Materiales para hormigones y morteros .....	61
2.2.2	Aceros .....	63

2.2.3	Materiales auxiliares para el hormigón.....	63
2.2.4	Encofrados y cimbras .....	64
2.2.5	Aglomerantes excluyendo el cemento .....	64
2.2.6	Materiales para fábrica .....	65
2.2.7	Pintura.....	66
2.2.8	Colores, aceites y barnices.....	66
2.2.9	Fontanería .....	67
2.3	Condiciones para la ejecución de las obras .....	67
2.3.1	Movimiento de tierras.....	67
2.3.2	Hormigón.....	69
2.3.3	Morteros.....	72
2.3.4	Encofrados .....	73
2.3.5	Armaduras.....	73
2.3.6	Albañilería .....	74
2.3.7	Carpintería metálica.....	75
2.3.8	Pintura.....	76
2.4	Control de la obra .....	77
2.4.1	Componentes del hormigón .....	77
2.4.2	Hormigón.....	77
2.4.3	Armaduras.....	77
2.4.4	Formas y disposición .....	77
2.4.5	Ensayos informativos.....	77
2.5	Instrucción del hormigón estructural.....	77
2.5.1	Cemento.....	77
2.5.2	Agua de amasado .....	78
2.5.3	Áridos .....	78
2.6	Condiciones de protección contra incendios .....	78
2.6.1	Condiciones técnicas exigibles a los materiales .....	78
2.6.2	Condiciones técnicas exigibles a los elementos constructivos .....	79

3	INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	80
3.1	Generalidades .....	80
3.2	Identificación.....	80
3.3	Conductores.....	80
3.4	Terminales.....	81
3.5	Instalación de aparatos .....	81
3.6	Cuadros de distribución.....	81
3.7	Instalaciones de fuerza de alumbrado .....	82
3.8	Equilibrio de fases .....	82
3.9	Acometida general.....	82
3.10	Caja de protección.....	82
3.11	Línea de reparto.....	82
3.12	Contadores.....	83
3.13	Derivaciones individuales .....	83
3.14	Instalación .....	83
3.15	Instalación de puesta a tierra .....	83
3.16	Inspecciones, pruebas y recepciones .....	83
4	INSTALACIONES MECÁNICAS .....	85
4.1	General .....	85
4.2	Materiales .....	86
4.2.1	Accesorios.....	86
4.2.2	Soportes .....	86
4.2.3	Recipientes a presión .....	87
4.3	Condiciones de ejecución.....	87
4.3.1	Tuberías y accesorios.....	87
4.3.2	Soportes y estructuras .....	91
4.4	Pinturas y aislamiento .....	93
4.4.1	Soportes .....	93

4.5	Control de calidad. Inspección y pruebas.....	94
4.5.1	Requisitos generales .....	94
4.5.2	Pruebas y ensayos de tuberías.....	94
4.5.3	Pruebas hidrostáticas .....	96
4.5.4	Control dimensional.....	99
5	DOCUMENTACIÓN.....	100
6	EQUIPOS .....	101
6.1	Lista de equipos.....	101
6.2	Especificaciones de los equipos diseñados .....	104

## **PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **1 Disposiciones generales**

#### **1.1 Objeto**

El presente Pliego de Condiciones constituye el conjunto de instrucciones, normas, prescripciones y especificaciones que, junto con lo indicado en los apartados de Memoria, Planos y Presupuestos, definen todos los requisitos que deben cumplir las obras de construcción de la planta de producción de paracetamol.

Los documentos adjuntos contienen, además de la descripción general de las obras, las condiciones que han de cumplir los materiales y las instrucciones para la ejecución, medición y abono de las unidades de dichas obras, siendo por tanto la norma y guía que ha de seguir en todo momento el Adjudicatario de la obra.

#### **1.2 Concurso**

Constituyen objeto de concurso restringido las empresas que la Propiedad juzgue oportuno invitar, el suministro de los equipos, materiales y servicios definidos en este Pliego de Condiciones y documentación complementaria.

La Propiedad se reserva el derecho a la introducción de modificaciones de detalle o a exigir la prestación de servicios o suministros suplementarios que el Adjudicatario pueda prestar o realizar.

El Adjudicatario podrá proponer modificaciones de las especificaciones de suministro, debiendo hacerlo siempre que, por efecto de la utilización de patentes o por otras razones, lo juzgue técnica y económicamente aconsejable.

Las especificaciones y las descripciones del suministro no son limitativas, debiendo el Adjudicatario facilitar todos los datos e información que estime indispensables para conseguir plenamente los fines del contrato. El Adjudicatario dará preferencia, en igualdad de condiciones, a materiales y servicios de origen español.

Los Concursantes deberán presentar un Cuadro de Precios Unitarios, reseñando todos los que figuren en el Cuadro de Precios del Anteproyecto. Presentarán, asimismo, los presupuestos parciales y general correspondientes, una descripción de la organización de sus trabajos en la que se encuentre incluida la relación de personal técnico que tendrá a su cargo a lo largo de la



realización de las obras, y una lista detallada de la maquinaria o medios a utilizar, con sus requerimientos y sus capacidades, para cumplir los plazos establecidos. Del mismo modo, indicará las fechas límites en que se debe recibir de la Propiedad la información complementaria necesaria para poder desarrollar sus trabajos de acuerdo con el plan de obra previsto.

Se considerará como documento fundamental para la adjudicación del concurso el Cuadro de Precios presentado. Los errores que pudieran haberse cometido en los presupuestos serán subsanados por la Propiedad o su representante legal, al estudiar las ofertas a partir de los datos del citado cuadro y las mediciones del Anteproyecto.

Los precios unitarios se considerarán actualizados hasta la fecha de presentación de la oferta que se indica en la carta de invitación. Las actualizaciones a fechas posteriores se harán de acuerdo con lo que figura en el epígrafe “Revisión de precios” del presente Pliego de Condiciones.

En los precios unitarios deberá estar incluida la parte proporcional de los gastos generales, instalaciones, beneficios, etc., y todos los posibles gastos directos o indirectos relacionados con ellos.

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo de validez indicado en la carta de invitación o que no conste en todos los documentos que se señalen en los apartados del presente Pliego de Condiciones.

La Propiedad pasará notificación del resultado del concurso a los diferentes Concursantes. Si el Concursante no recibiese esta comunicación en el plazo también señalado en la carta de invitación, puede notificar a la propiedad su renuncia al concurso.

La Propiedad comunicará al Adjudicatario la concesión de los trabajos objeto del concurso. La fecha de comienzo de estos será la que figure en el programa de trabajo.

Durante el período comprendido entre la adjudicación y la fecha de iniciación de los trabajos se formalizará entre la Propiedad y el Adjudicatario el contrato correspondiente.

### 1.3 Contrato

El Adjudicatario estará obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar o de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes en el momento de la ejecución de obras.

Serán por cuenta del Adjudicatario los gastos fiscales y todo tipo de gastos a que dé lugar la formalización del contrato.

Cualquiera de las dos partes que intervienen en el contrato puede solicitar la elevación a escritura pública del convenio de adjudicación, corriendo en este caso los gastos que origine dicha elevación por cuenta de la parte peticionaria.

El Adjudicatario es el único responsable por la totalidad del suministro y servicios que se indican en el contrato, en estricto cumplimiento de las disposiciones contractuales de las buenas normas de la técnica. Esta responsabilidad implica que serán de su cuenta las modificaciones, reparaciones y sustituciones indispensables para el exacto cumplimiento del contrato, así como las indemnizaciones justificadas por perjuicios causados por deficiencias, errores o atrasos laborales.

En caso necesario, la Propiedad podrá suspender los pagos al Adjudicatario y pedir indemnizaciones de acuerdo con lo establecido en el contrato sin perjuicio de la aplicación de penalizaciones de rescisión.

Las relaciones con el Adjudicatario serán establecidas a través de personas o entidades designadas por la Propiedad.

La Propiedad podrá hacerse representar por consultores u otras entidades que pueda elegir para colaborar en los estudios, fabricación, montaje y ensayos.

El representante del Adjudicatario será designado por éste de acuerdo con la Propiedad. Durante el período de montaje esta persona estará presente y será la responsable del equipo de montaje.

El Adjudicatario estará representado en todas las reuniones convocadas con un plazo no inferior a ocho días por la Propiedad, en la obra o en cualquier otro lugar que se indique, mediante la presencia de técnicos especializados en las materias objetivo de dichas reuniones.

La lista de proveedores principales y empresas colaboradoras del Adjudicatario, establecida de común acuerdo con la Propiedad, no podrá ser modificada sin la aprobación previa escrita de esta última entidad.

La aprobación por parte de la Propiedad de la lista de proveedores y empresas colaboradoras del Adjudicatario no eximirá en ningún caso a este último de su responsabilidad.

El Adjudicatario no podrá ceder ni traspasar a terceros ninguna de sus obligaciones o derechos, ni utilizar en la ejecución de los trabajos otras empresas o sociedades que las que figuran en el contrato como aceptadas por la Propiedad.

En todos los casos el Adjudicatario es plenamente responsable del contrato ante la Propiedad, personal obrero y terceros.

Si el Adjudicatario, sin previa autorización escrita por parte de la Propiedad, cediese o traspasase a terceros cualquiera de sus obligaciones o derechos, derivados del contrato, o emplease en la ejecución de las obras otra empresa o sociedad que no estuviese previamente aceptada por la Propiedad, ésta aplicará las sanciones que crea oportunas, llegando, si fuese necesario, a la rescisión del contrato, en cuyo supuesto se aplicaría todo lo incluido bajo el epígrafe “Rescisión del contrato” del presente Pliego de Condiciones.

La Propiedad puede indicar en la carta de invitación al concurso la fianza inicial y retenciones de garantía que se descontarán de las certificaciones. Estas cantidades retenidas por la Propiedad resultan en caso de rescisión o abandono del trabajo por causas imputables al Adjudicatario.

El Adjudicatario responde, además del cumplimiento de sus obligaciones, de todos los medios auxiliares, maquinaria y materiales que tenga depositados en la obra, los cuales no podrán ser retirados de la misma sin previa autorización escrita de la Propiedad.

El Adjudicatario es el único responsable de la correcta ejecución técnica de las obras, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudiesen resultar, ni por las falsas operaciones que cometa durante la construcción de estas, ni por las modificaciones que la Dirección Facultativa tenga a bien marcar, corriendo dichas operaciones por su cuenta y riesgo, independientemente de las inspecciones ejercidas por la Dirección Técnica.

#### 1.4 Programa

El programa general de los trabajos (estudios, aprovisionamiento, fabricación, transporte, montaje y ensayos) a presentar con la propuesta deberá respetar las pautas indicadas en estas normas e información complementaria facilitada.

El programa deberá ser desarrollado, según las condiciones especificadas en estas normas, en otro detalle, en el que se indicarán las fechas de conclusión de cada uno de los trabajos señalados en el trabajo inicial, así como las fechas intermedias cuyo incumplimiento dé lugar a la

aplicación de las penalizaciones. El plazo de presentación de este programa detallado será de treinta días a partir de la fecha de adjudicación.

El programa referido en el párrafo anterior deberá indicar las fechas límite en que se consideren indispensables los suministros para asegurar la continuidad de los trabajos, así como los datos referentes a la posibilidad del inicio de los trabajos de terceros.

La determinación del orden de las obras será facultad potestativa del Adjudicatario, salvo en aquellos casos en los que por cualquier circunstancia de orden técnico el Ingeniero Director estime conveniente su modificación.

Todos los trabajos se ejecutarán en estricto seguimiento del Proyecto que ha servido de base, de las modificaciones que sobre el mismo hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entregue el Ingeniero Director al Adjudicatario, siempre que se encaje dentro de la cifra a que asciende los presupuestos aprobados.

El programa contractual de los trabajos no podrá ser alterado sin la conformidad expresa de la Propiedad. Además, cuando la Propiedad proponga una alteración de dicho programa, el Adjudicatario se compromete a hacer todo lo posible para dar cumplimiento al deseo de la Propiedad, lo mismo se trate de adelantar como de retrasar un suministro.

El Adjudicatario dará comienzo a las obras en el plazo marcado, desarrollándolas en la forma necesaria para que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo exigido en el contrato realizado con la Propiedad.

Obligatoriamente y por escrito, el Adjudicatario deberá dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos antes de veinticuatro horas desde su iniciación.

Si los trabajos se desarrollan con retraso respecto al programa aprobado, serán aplicadas las penalizaciones correspondientes. Si dicha demora fuese producida por motivos no imputables al Adjudicatario, éste puede solicitar de la Propiedad una prórroga del plazo de ejecución de las obras, postergación que será igual al tiempo perdido, a no ser que el Adjudicatario solicite que fuese menor. La petición de prórroga por parte del adjudicatario deberá tener lugar en el plazo mínimo de un mes desde el día que se produzca la causa originaria del retraso, alegando las razones por las que estime no serle imputable la demora y señalando el tiempo probable de su duración. En caso de que el Adjudicatario no solicite el aplazamiento, se entenderá que renuncia a su derecho y que, a efectos de la aplicación del contrato, los retrasos que se produzcan en relación con lo establecido en el programa le son imputables a él.

El Adjudicatario se someterá a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como los que se dicten durante la ejecución de las obras.

El Adjudicatario queda obligado al cumplimiento de la legislación vigente en lo relativo a los accidentes de trabajo desde que toma a su cargo la organización de los trabajos contratados.

### 1.5 Estudios y documentación técnica

Por el hecho de acusar recibo de encargo, el Adjudicatario reconoce haber recibido de la Propiedad todos los datos y documentos de base necesarios para los estudios y proyectos. En caso de errores u omisiones, el Adjudicatario deberá proponer las modificaciones que estime convenientes para una buena ejecución de este.

El Adjudicatario debe pedir a la Propiedad, con antelación suficiente, todas las informaciones complementarias y de detalle indispensables para la buena ejecución del suministro.

Los documentos contractuales y todos aquellos que la propiedad entregue durante la ejecución del contrato, deben ser cuidadosamente revisados por el Adjudicatario. En caso de errores u omisiones, el Adjudicatario deberá proponer las modificaciones que estime convenientes para la buena organización del suministro.

El Adjudicatario proporcionará, en la fecha establecida en el calendario general de ejecución de las obras, con los datos y condiciones indicados en las normas y demás documentos que le encargue la Propiedad: memoria, cálculos justificativos, características de los materiales, especificaciones relativas a los mismos, planos y demás documentación técnica complementaria a la incluida en la oferta presentada, de forma que se compromete así la definición del equipo y servicios contratados, lo que permitirá a la Propiedad:

- Tener pleno conocimiento del estado tensional al que estará sometido el equipo en las distintas hipótesis de cálculo, garantías que ofrecen los materiales, las soldaduras y demás elementos incluidos en el suministro, así como de su funcionamiento, conservación y explotación.
- Efectuar la inspección de su fabricación y montaje.
- Estudiar y proyectar todos los trabajos afines que no incumben al Adjudicatario.

Todos los documentos facilitados por el Adjudicatario, así como leyendas y acotaciones, deberán estar escritos en español. La Propiedad podría aceptar documentos escritos en francés o

inglés, reservándose el derecho a exigir traducciones al español, que serán consideradas como los únicos documentos válidos.

La Propiedad comunicará al Adjudicatario, en el plazo que señala en el programa general de trabajos, la aprobación o reparos a los documentos ya referidos en párrafos anteriores, que conforman la total definición del equipo y servicios contratados, entendiéndose que éstos están aceptados si en dicho plazo no se hubiese indicado lo contrario.

Los documentos sobre los que la Propiedad sí hubiese efectuado observaciones antes de la fecha concertada serán revisados por el Adjudicatario y nuevamente sometidos a aprobación dentro del plazo establecido en el calendario general de las obras. Si la Propiedad no pudiese admitirlos, convocaría una reunión para su discusión y resolución en el plazo de ocho días.

El Adjudicatario remitirá a la Propiedad, por quintuplicado y en el plazo de quince días, desde su aprobación, los ejemplares indicados en estas normas de cada uno de los documentos aceptados.

Los documentos aprobados no podrán ser modificados sin previa autorización escrita de la Propiedad.

La aprobación por parte de la Propiedad de dibujos, notas de cálculo u otros documentos no limita la responsabilidad del Adjudicatario, sino que ésta se mantiene total.

Todos los documentos y planos recibidos por la Propiedad como parte del suministro serán tratados por ésta a todos los efectos como de su propiedad. De igual modo, toda la documentación y dibujos serán enviados por la Propiedad al Adjudicatario para la ejecución del suministro, no pudiendo este último comunicar a terceros o publicar sus reproducciones sin previa autorización de la propiedad.

El Adjudicatario entregará al menos tres copias de los manuales de instrucciones de los equipos suministrados, cuyo contenido mínimo debe ser el siguiente:

- Descripción del equipo.
- Características nominales de diseño y prueba.
- Composición y características de los materiales.
- Principios de operación.
- Instrucciones de operación.

- Gradientes máximos, limitaciones y funcionamiento en condiciones distintas de las nominales. Puntos de tarado.
- Lista de componentes o despieces, con números de identificación, dibujos de referencia, nombres y características de la pieza (dimensiones, materiales, etc.).
- Instrucciones de recepción, almacenamiento, manejo y desembalaje del equipo.
- Instrucciones de montaje, desmontaje y tolerancias.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Pruebas y controles periódicos.
- Lista de repuestos.

### 1.6 Pliegos, Instrucciones y Normas aplicables

Las prescripciones de las instrucciones y normas que se muestran a continuación serán de aplicación con carácter general, y en todo aquello que no contradiga o modifique el alcance de las indicaciones que se incluyen en el presente Pliego de Condiciones, para los materiales y la ejecución de las obras.

- Artículos 1588 a 1600 del Código Civil, en los casos en los que sea procedente su aplicación.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002)
- Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseoso (O.M. 18/11/74)
- Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D. 2060/2008)
- Instrucción de hormigón estructural (R.D. 1247/2008), con nulidad de los párrafos 7 y 8 del art. 81 y el anejo 19 de la instrucción, por Sentencia del TS del 27 de septiembre de 2012.
- Instrucción para la recepción de cementos (R.D. 256/2016)
- Código Técnico de la edificación (R.D. 314/2006)

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua (O.M. 22/08/63).
- Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias (R.D. 379/2001) con modificación de los arts. 1 a 3 y 6.2, la disposición final 1 y las ITC MIE APQ-1 a 7 y añadiendo la MIE APQ-9, por R.D. 105/2010 y la MIE APQ-8 por R.D. 2016/2004.
- Norma de construcción sismorresistente (R.D. 997/2002).
- Cuantos preceptos sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de Trabajo, Convenios Colectivos y Reglamentos de Régimen Interior en vigor.

### 1.7 Seguridad y accidentes de trabajo

El Adjudicatario queda obligado al cumplimiento de la normativa referente al estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo vigente.

Todos cuantos aparatos, maquinaria, herramientas y medios auxiliares emplee el Adjudicatario en la ejecución de los trabajos deberán reunir las máximas condiciones de seguridad y resistencia, así como cumplir todas las normas oficiales dictadas al efecto.

El personal del Adjudicatario está obligado a utilizar todos los dispositivos y medios de protección personales necesarios para eliminar o reducir los riesgos profesionales, pudiendo el Ingeniero suspender los trabajos si estima que el personal está expuesto a peligros no corregibles.

El Ingeniero Director podrá exigir al Adjudicatario, ordenándolo por escrito, el cese de la obra de cualquier trabajador que, por imprudencia temeraria, pudiese provocar accidentes que hiciesen peligrar su propia integridad física o la de alguno de los demás empleados u obreros.

Toda la responsabilidad en los accidentes que pudieran ocurrir por el empleo de materiales defectuosos, por imprudencias o por el incumplimiento de lo anteriormente mencionado, recaerá exclusivamente sobre el Adjudicatario. Correrán también por cuenta exclusiva de éste las multas en las que incurra por contravenir las disposiciones oficiales, así como los daños y desperfectos ocasionados a terceros en su persona, bienes o haciendas.

El Adjudicatario queda en libertad de ejecutar los andamiajes que estime convenientes, siempre dentro de las normas de seguridad para el personal que señale en cada momento las Leyes o Reglamentos de Seguridad e Higiene o Accidentes de Trabajo.



El Ingeniero Director podrá exigir al Adjudicatario en cualquier momento, antes o después del comienzo de los trabajos, que presente los documentos que acrediten el haber formalizado los regímenes de la Seguridad Social en la forma legalmente establecida.

## **2 CALIDAD DE LOS MATERIALES**

### **2.1 Materiales en general**

Todos los materiales suministrados por el Adjudicatario, figuren o no en los documentos del presente Proyecto, deben reunir las condiciones de calidad exigibles en la buena práctica de la construcción. La aceptación por la Propiedad de una marca, fábrica o lugar de extracción, no exime al Adjudicatario del cumplimiento de estas prescripciones.

Deben presentarse previamente muestras para su aprobación y reconocimiento por parte del Ingeniero Director o en su defecto por el Subdirector de la Obra, sin cuyo permiso no se podrá preceder a la colocación o empleo, pudiéndose obligar a la retirada del material no aprobado y colocado en obra por parte del Adjudicatario de no haberse procedido de la forma establecida. Además, los materiales rechazados deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta y riesgo del Adjudicatario, o depositados en los lugares indicados por la Dirección de la Obra.

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida en el Pliego de Condiciones o no tuviesen la preparación en éste exigida, o cuando a falta de prescripciones formales se reconociese o demostrase que no son adecuados para su función, la Propiedad dará orden al Adjudicatario para que a su costo los reemplace por otros que satisfagan o cumplan el objetivo al que se destinen.

El Adjudicatario, a su costo, transportará y colocará los materiales no utilizables, agrupándolos ordenadamente y en el lugar de la obra que se designe, para evitar así que supongan un perjuicio en la marcha de los trabajos. Los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra se retirarán de esta o se llevarán a un vertedero.

Si a pesar de todo fuesen advertidas faltas en un material aprobado y colocado, dicho material podría ser retirado a cuenta del Adjudicatario.

### **2.2 Aceros**

El Adjudicatario indicará las características mecánicas de los aceros empleados con arreglo a los siguientes elementos:

- Piezas de acero moldeado.
- Estructuras de acero.

### 2.3 Resto de los materiales

Para el resto de los materiales empleados en la fabricación del suministro, se indicarán las características mecánicas, así como la composición química.

### **3 NORMAS DE CÁLCULO**

Serán de aplicación las normas DIN u otras de rango similar vigentes sobre las bases de cálculo para construcciones hidráulicas de acero.

El Adjudicatario indicará las tensiones de trabajo, simples y compuestas a que quedan sometidas los diferentes materiales que constituyen las estructuras. Asimismo, se señalarán las tensiones máximas de trabajo o tensiones base para el cálculo:

- Tensión admisible de tracción o compresión, previa comprobación del pandeo.
- Tensiones admisibles a esfuerzos cortantes.
- Tensiones de comparación.

La tensión base o máxima de trabajo es un límite absoluto que no podrá ser sobrepasado ni siquiera en el caso de piezas sometidas a choques, esfuerzos dinámicos, fatigas locales o alternadas, vibración y oxidaciones.

Se indicarán, asimismo, las cargas máximas transmitidas al hormigón por las piezas fijas, así como las correspondientes a los órganos de maniobra.

Los esfuerzos de compresión en el hormigón se atenderán a lo especificado en las normas DIN, y no superarán, en cualquier caso, la carga de rotura indicada en la norma EH vigente.

Las conducciones blindadas y los revestimientos se dimensionarán para los estados de carga más desfavorables, sin tener en cuenta la contribución del hormigón que las engloba.

El Adjudicatario facilitará los cálculos completos de los elementos importantes del suministro.

El Adjudicatario indicará los coeficientes de seguridad de elementos tales como cilindros y vástagos de servomotores, órganos mecánicos de cabrestantes, cadenas, cables, etc.

## **4 DISPOSICIONES GENERALES DE LA OBRA**

### **4.1 Replanteo de la obra**

El Ingeniero Director, una vez que el Adjudicatario esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá realizar el replanteo de estas, con especial atención en los puntos singulares. Se levantará, por duplicado, un Acta de Replanteo firmada por el Ingeniero Director y el representante del Adjudicatario.

El replanteo de las instalaciones deberá realizarse en presencia del Director de la misma, a quien el Instalador podrá exigir el levantamiento del acta correspondiente, siendo el Instalador responsable de las circunstancias que pudieran derivarse del incumplimiento de las mismas.

Las referencias principales (punto en los ejes, curvas, cotas absolutas de las soleras en los cambios de rasante) son reflejadas en un croquis que obrará en poder del contratista, para que éste pueda comprobar a diario la marcha de los trabajos, debiendo estar siempre dicho croquis a disposición de la Dirección Facultativa.

Todas las operaciones que se necesitan para el replanteo serán efectuadas por y a cuenta del Adjudicatario, no teniendo por este concepto derecho a reclamación de ninguna clase. Asimismo, está obligado a suministrar a su cargo a la Propiedad los medios y aparatos que la dirección de Obra estime necesarios para llevar a cabo los replanteos de cualquier tipo.

### **4.2 Plazo de ejecución**

Los plazos de ejecución, tanto totales como parciales, señalados en el contrato, empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo de las obras o desde la notificación por parte de la Propiedad de la autorización para el comienzo de éstas. El Adjudicatario estará obligado a cumplir dichos plazos, que serán improrrogables.

No obstante, los plazos podrán ser objeto de aplazamiento, cuando las modificaciones solicitadas por el Ingeniero Director y debidamente aprobadas por la Propiedad, influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por causas ajenas por completo al Adjudicatario no fuese posible comenzar los trabajos en la fecha prevista o tuviesen que ser suspendidos una vez iniciados, el Ingeniero Director concederá una prórroga cuya duración será la estrictamente necesaria.

#### 4.3 Mano de obra

El personal que, como encargado, capataz, oficial, ayudante o peón, tenga el Adjudicatario realizando unidades de obra, debe ser cualificado y responsable, al igual que todo el personal dependiente de los Subadjudicatarios, que en todo momento acatarán las órdenes dictadas por la Dirección de la obra.

El Adjudicatario está obligado a tener siempre en la obra el número de operarios proporcionado a la extensión y clase de trabajos que se esté ejecutando.

Los operarios serán de aptitud reconocida y experimentados en sus respectivos oficios, y constantemente ha de haber en la obra una persona responsable y encargada del conjunto.

No se permitirá trabajar a ningún obrero que no se encuentre debidamente capacitado o en quien se note falta de costumbre a la hora de trabajar sobre andamios, y si por omisión o falta de observación de las precauciones ocurriese una desgracia, serán de cuenta y riesgo del Adjudicatario las responsabilidades que tuviesen lugar.

La Dirección de la Obra podrá prohibir la permanencia en obra de determinado personal del Adjudicatario, por motivo de faltas de Obediencia y respeto, o a causa de actos que comprometan o perturben, a juicio de la misma, la marcha de los trabajos. El Adjudicatario podrá recurrir si entendiéndose que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

La totalidad del personal empleado por el Adjudicatario y Subadjudicatario en la ejecución de las obras deberá estar debidamente afiliado al régimen general de la Seguridad Social, estando obligado a mantener en la oficina de obra los justificantes correspondientes, que justifiquen la situación. Además, el Adjudicatario está obligado al cumplimiento de lo establecido en la Ley sobre Contrato de Trabajo y en las Reglamentaciones de Trabajo vigentes o que se dicten durante la realización de las obras.

El Adjudicatario habilitará en la obra una oficina en la que tendrá siempre una copia de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por el Ingeniero Director, así como los restantes documentos, equipos y materiales que se estipulen.

El Adjudicatario podrá sacar a sus expensas copias de los documentos el Proyecto de Contrata, cuyos originales le serán facilitados por el Ingeniero Director, el cual autorizará con su firma las copias, si el Adjudicatario así los desee.

El Adjudicatario, por sí mismo o por medio de sus facultativos, representantes o encargado, estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero

Director, o a las personas que éste delegue, en las visitas que hagan a la obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios, y facilitándole los datos necesarios y los medios para la ejecución y aprobación de mediciones, comprobaciones y liquidaciones.

El Adjudicatario o su delegado vigilarán los trabajos de colocación de los andamios, cimbras y demás medios auxiliares. Comprobará que los materiales fabricados, tales como viguetas, cargaderos, etc., del material que sea, llevan garantía de fabricación, siendo el Adjudicatario el responsable de los accidentes que ocurran por incumplimiento de esta disposición o por no tomar las debidas precauciones.

Antes del inicio de las obras se procederá al replanteo general de las mismas, juntamente con el Director y Subdirector de Obra, realizándose la correspondiente Acta de Replanteo, que quedará plasmada en el Libro de Órdenes, considerándose dicha fecha como la de inicio de las obras.

Todas las operaciones y medios auxiliares necesarios para el replanteo, serán de exclusiva cuenta del Adjudicatario, pudiendo ser vigilados y anulados por la Dirección Técnica.

El Adjudicatario no podrá reclamar ni percibir indemnización alguna por sustracción, pérdida, avería u otros perjuicios acaecidos durante la realización de la obra.

Del mismo modo, será responsable de las pérdidas del material que se entregase a su custodia, descontándosele el importe de las cantidades a percibir. Igualmente responderá ante cualquier daño causado en las propiedades colindantes, estando obligado a repararlas y dejarlas en su estado original.

#### 4.4 Mejoras y variaciones en el proyecto

Si durante el transcurso de las obras, el Ingeniero Director estimase conveniente introducir modificaciones en el Proyecto, el Adjudicatario estará obligado a ejecutarlas, siempre y cuando la cantidad de las obras nuevamente aprobada no aumentase ni disminuyese. No se considerarán mejoras y variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Ingeniero Director.

Si antes del inicio de las obras o en el transcurso de éstas la Propiedad, de acuerdo con el Ingeniero Director, resolviese realizar parte de las obras que comprende la contrata, o acordase introducir en el Proyecto modificaciones que supongan aumento, reducción o supresión de las cantidades especificadas en el presupuesto, serán obligatorias para el Adjudicatario estas

disposiciones sin que tenga incluso derecho, en caso de suspensión de los trabajos, a indemnización alguna con el pretexto de pretendidos beneficios que hubiera podido obtener en la parte reducida o suprimida. Aun cuando las reformas hiciesen variar el trazado original, si se le participan al Adjudicatario con la debida antelación, tampoco podrá reclamar compensación económica alguna.

En el caso de darse alguna modificación en el Proyecto, el Adjudicatario tendrá derecho a que se prorrogue, el tiempo que el Ingeniero considere oportuno, el plazo para la terminación de las obras.

Cuando se introduzcan modificaciones o mejoras en la obra debidamente autorizadas, se hará constar por escrito, antes de comenzar los trabajos, el importe de aquellos o el valor estipulado para las mismas si no tuviesen precio en el presupuesto, cuyo valor, se abonará en la liquidación correspondiente al plazo en que el trabajo se haya ejecutado.

#### 4.5 Contradicciones, omisiones o errores en los documentos

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo escrito en este último. Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser aceptado como si se incluyese en ambos documentos, siempre que, a juicio del Ingeniero Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y ésta tenga precio en el contrato.

Los diversos capítulos del presente Pliego de Condiciones son complementarios entre sí, entendiéndose que las prescripciones que contengan uno de ellos y afecte a otros obligan como si apareciesen todos. Las contradicciones o dudas entre sus especificaciones se resolverán por la interpretación razonadamente haga el Ingeniero Director.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos, tanto por el Ingeniero Director como por el Adjudicatario, deberán reflejarse preceptivamente en el Acta de Replanteo.

#### 4.6 Trabajos defectuosos o no autorizados

El Adjudicatario deberá utilizar materiales que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Condiciones Particulares y realizar todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con dicho documento.

Como consecuencia de lo anterior, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados o los



aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea durante la ejecución de los trabajos o una vez finalizados éstos y con anterioridad a la verificación de la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas según el contrato, y todo aquello a expensas del Adjudicatario. Si éste no considerase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenada, se procederá según estos pasos:

- Cuando los materiales o aparatos no reuniesen la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Adjudicatario para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos, o a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.
- El Ingeniero Director podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejen, permitir el empleo de aquellos materiales de mayor calidad a la fijada de antemano en caso de que el Adjudicatario no le fuese posible suministrarlos de dicha calidad, descontándosele en ese caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado, y no teniendo derecho el Adjudicatario a indemnización alguna en el segundo de los casos.

El Adjudicatario es el único responsable de la ejecución de los trabajos para los que ha sido contratado y de las faltas y defectos que éstos pudiesen tener por su incorrecta ejecución y por la deficiencia de la calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa ni le otorgue derecho alguno el que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones y participaciones de las obras.

#### 4.7 Suspensión de las obras

Cuando la Propiedad desee suspender la ejecución de las obras, deberá avisar al Adjudicatario con un mes de antelación, teniendo este último que suspender los trabajos sin derecho a indemnizaciones, siempre que se le abone el importe de la obra ejecutada y el valor de los materiales acumulados a pie de obra. Se hará lo mismo en caso de rescisión justificada.

Si la suspensión de las obras fuese motivada por el Adjudicatario, la Propiedad se reserva el derecho a la rescisión del contrato, abonando al Adjudicatario sólo la obra ejecutada, con pérdidas de la garantía como compensación a la Propiedad por los perjuicios generados, quedando siempre el Adjudicatario obligado a responder por los perjuicios superiores creados por ésta.

En caso de muerte o quiebra del Adjudicatario, quedará rescindida la contrata, a no ser que los herederos o síndicos de la quiebra ofrezcan realizarla bajo las condiciones estipuladas en

un primer momento. La Propiedad podrá aceptar o rechazar el ofrecimiento, sin que, en este último caso, aquellos tengan derecho a indemnización alguna.

Tanto en los casos de rescisión como en los que legalmente se pudiesen presentar, las herramientas y demás elementos de trabajo que sean de pertenencia del Adjudicatario, tendrá éste la obligación de recogerlos antes de un plazo de ocho días, entendiéndose que los abandona a favor de la obra de no hacerlo así.

Son causas de rescisión de la obra, las siguientes:

- El no ejecutar las obras con arreglo al Proyecto o modificaciones indicadas.
- El empleo deficiente de los materiales o su mala colocación en la obra que obliguen a demoler esta o a valorarla como defectuosa.
- El que los trabajos no se realicen ajustándose al calendario previsto.
- Incapacidad del personal contratado, tanto técnico como de la obra.
- Quiebra o suspensión de pagos por parte del Adjudicatario.
- La suspensión de la obra comenzada, siempre que el pago exceda a seis meses.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del proyecto o contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando se indique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de ejecución de los trabajos sin haberse llegado a concluirlos.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La muerte o incapacitación del Adjudicatario.
- Alteraciones del contrato, de forma que suponga modificaciones del proyecto o de las unidades de obra en un 25 % como mínimo del importe de aquel y en un 50 % de las unidades modificadas.

- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación.
- Por toda causa de fuerza mayor que obligue a suspender las obras indefinidamente.

Excepto en los últimos cuatro casos, la fianza quedará en beneficio de la Propiedad. En todos los casos, la Propiedad se reserva el derecho a continuar las obras, bien por sí misma, bien por las personas o entidad que estime conveniente.

#### 4.8 Seguros y asistencia médica

El Adjudicatario quedará obligado, después de la comprobación del replanteo y antes del comienzo de la obra, a facilitar a la Dirección la documentación que acredite haber suscrito, además de las correspondientes afiliaciones a la Seguridad Social, las siguientes pólizas de seguro:

- Seguro contra daños a tercero que deriven de la ejecución del Proyecto.
- Seguro de accidentes de trabajo en la Mutuality Laboral correspondiente.
- Seguro de automóviles para todos aquellos vehículos del Adjudicatario que tengan acceso a la obra.
- Seguro para toda la maquinaria y el equipo que el Adjudicatario utilice en el trabajo.
- Seguro de incendios para las obras, en compañías de reconocida solvencia inscritas en el Ministerio de Hacienda en virtud de la Ley de Seguros vigente.

## **5 ENSAYOS, PRUEBAS Y PROTECCIONES**

### **5.1 Ensayos en taller**

Todas las uniones soldadas serán inspeccionadas mediante control radioscópico de las soldaduras, que se llevarán a cabo en presencia de representantes de la Propiedad y del Adjudicatario teniendo en cuenta los plazos fijados.

Se ensayarán mecánicamente varias probetas de soldadura realizadas con materiales y operarios que hayan de intervenir en la obra.

Para el caso de los tanques de almacenamiento, se inspeccionarán el 10 % de los cordones de soldadura según la norma ASME sección VIII.

En los intercambiadores de calor y en todos los depósitos a presión se realizarán pruebas de ventosa en todas las uniones soldadas.

Los cilindros de los servomotores y demás órganos que contengan aceite a presión, como son los cuerpos de las bombas de aceite y sus correspondientes válvulas serán sometidos en taller a una presión de ensayo igual a la de servicio, pero aumentada en un 50 %. Los esfuerzos durante el ensayo no deberán, en ningún caso, sobrepasar el 40 % de la carga de rotura, ni el 80 % del límite elástico. Durante dicho ensayo no deberán producirse deformaciones apreciables ni fugas de filtración alguna.

Para los grupos de motobombas se realizarán todas las pruebas necesarias según normas para determinar las curvas características. Para el trazado de las curvas de altura manométrica, potencia y rendimiento, se considerarán al menos cinco puntos, desde el caudal cero al caudal máximo nominal.

### **5.2 Presentación en taller**

Con el fin de prever posibles dificultades que pudiesen presentarse en la obra en el montaje definitivo de los elementos objeto de suministro, la Propiedad puede exigir que se realice en taller una presentación completa de los distintos elementos, comprobándose cotas, planicidad, etc.

El Adjudicatario indicará claramente en su oferta la repercusión económica que represente la realización de estos trabajos de presentación en taller del suministro contratado.

### 5.3 Protección contra la corrosión

El Adjudicatario deberá proponer la protección más recomendable, en base a su experiencia, para su aprobación por parte de la Propiedad. Esta protección deberá, de una manera general, aplicarse a todas las superficies de los elementos fabricados con materiales oxidables en contacto con el agua y la intemperie, y comprenderá:

1. Limpieza de chorro de arena.
2. Metalización de zinc, según las normas AENOR A 91-201, con una capa de zinc de 12 centésimas de milímetro (0,12 mm) de espesor, seguida como mínimo de tres capas de pintura de características convenientemente justificadas.

No obstante, la Propiedad se reserva el derecho a ejecutar total o parcialmente la protección contra la corrosión de todo o parte del suministro, por cuyo motivo el Adjudicatario detallará en el Presupuesto el importe de estas operaciones, que podrán ser deducidas del costo total en el caso de que la Propiedad las realizase por su cuenta.

Las partes del suministro que estén mecanizadas serán desengrasadas y se protegerán con una pintura vinílica incolora de tipo arrancable. El tiempo transcurrido desde el tratamiento de la superficie el metal y la aplicación de la pintura no podrá ser superior a veinticuatro horas.

El sistema de protección con pinturas de las diferentes superficies metálicas deberá responder a las condiciones ambientales de la zona geográfica del almacenamiento y a la naturaleza de los productos manejados y condiciones de funcionamiento.

#### 5.3.1 Intercambiadores de calor

Las superficies de los intercambiadores de calor serán tratadas según métodos de preparación de superficie para cada sistema de pintura.

Las superficies metálicas serán limpiadas antes de la aplicación de pinturas de acuerdo con las especificaciones de la Nacional Corrosión Engineers (NACE) y con los estándares fotográficos del comité de corrosión de la Real Academia de la Ciencia Técnica de Suecia (SIS 05.59.00).

Aquellos elementos metálicos complementarios en los que por razones específicas no pueda efectuarse el chorreado, se limpiarán mediante cepillado (grado St.2).

La preparación de superficies de acero al carbono se realizará siguiendo las especificaciones SIS 05.59.00 y PSC-SP. Si no se especifica lo contrario se aplicará un chorreado

abrasivo a metal blanco SIS Sa 2 ½ (perfil de rugosidad 25/40), según la especificación SSPC-SP 10.

Las superficies externas mecanizadas de acero al carbono se protegerán mediante un inhibidor de corrosión eliminable con agua o disolventes. Dicho inhibidor deberá ser aprobado por el Comprador, así como su método de eliminación. En aquellas superficies sobre las que haya que aplicar algún recubrimiento, se tendrá en cuenta la norma VDI 2532.

Las pinturas se aplicarán con pistola mediante sistema de pulverización a presión sin aire (airless) y cuando se den las condiciones ambientales adecuadas.

La protección de las superficies externas de los intercambiadores de calor mediante pinturas se realizará aplicando varias capas:

- Aplicación de una capa de imprimación de cromato amarillo de setenta y cinco micras de espesor de película seca.
- Aplicación de una capa de imprimación de epoxi-cromato de zinc especial de ochenta micras de espesor de película seca.

Se aplicarán dos capas de esmalte de poliuretano alifático de treinta y cinco micras por capa.

Las estructuras metálicas y soportes complementarios a los intercambiadores se tratarán con:

- Un chorreado Sa 2 ½.
- Aplicación de una primera capa de imprimación, de zinc inorgánico, de setenta y cinco micras de espesor de película seca.
- Aplicación de una segunda capa de resina de ochenta micras de película seca.
- Aplicación de la pintura de acabado, que consistirá en dos capas de esmalte de poliuretano alifático de treinta y cinco micras por capa.

#### 5.3.2 Tuberías

Todas las tuberías deberán ser tratadas con un chorreado previo Sa 2 ½ según las normas SIS 05.59.00.

El chorreado deberá hacerse preferentemente en taller para evitar inundar la instalación de polvo, salvo causa justificada.

Las pinturas que se aplicarán en las tuberías serán:

- Una capa de pintura de imprimación de cuarenta micras de espesor de mínimo a clorocaucho.
- Una capa de pintura de fondo de ochenta micras de espesor de clorocaucho.
- Dos capas de acabado de veinticinco micras por capa de clorocaucho puro.

#### 5.3.3 Columnas y depósito de presión

Todas las columnas de la instalación de acero al carbono deberán ser tratadas previamente con un chorreado Sa 2 ½ según norma SIS 05.59.00.

Después del tratamiento superficial se aplicarán las siguientes capas de pintura:

- Una capa de veinticinco micras de espesor de pintura epoxi.
- Una capa de veinticinco micras de espesor de pintura de fondo epoxi.
- Dos capas de cuarenta micras de espesor por capa de pintura epoxi.

#### 5.3.4 Bombas

Los tratamientos y acabados de superficie de las bombas dependerán de la atmósfera circundante de la instalación.

La limpieza de las superficies se realizará siguiendo alguno de los procedimientos que se enumeran a continuación. La selección de uno u otro procedimiento se realizará atendiendo a las recomendaciones del Suministrador.

- Granallado metálico a base de granalla de material no contaminante de la superficie (según norma SIS 05.59.00 Sa 2 ½).
- Chorreado de arena de sílice proyectado por aire comprimido contra la superficie.
- Decapado químico eliminando la capa de óxido y otras impurezas por inmersión en solución ácida.

La superficie se preparará con una capa de Wash Primer para incrementar la adherencia. Se aplicarán las siguientes capas de pinturas:

- Una capa de setenta y cinco micras de espesor de pintura de imprimación epoxi.
- Una capa de setenta y cinco micras de espesor de pintura de acabado epoxi.
- Dos capas de cuarenta micras de esmalte sintético.



## **6 FABRICACIÓN, MONTAJE, RECEPCIÓN Y GARANTÍAS**

### **6.1 Inspección fabril**

La Propiedad se reserva el derecho a efectuar directamente o por medio de una entidad de su elección, la inspección de la fabricación de los equipos con vistas al cumplimiento de los plazos, a la calidad de los materiales y a las técnicas empleadas, tanto en las fábricas o instalaciones del Adjudicatario, como en las de sus suministradores.

A efectos de la cláusula anterior, el Adjudicatario se ve obligado a asegurar en cualquier momento a los representantes de la Propiedad, debidamente acreditados, el libre acceso a las fábricas o instalaciones, así como proporcionar todas las facilidades para que éstos puedan cumplir su misión.

El Adjudicatario deberá informar a la Propiedad, en tiempo hábil, de la fecha fijada para la realización de los ensayos previstos y de la recepción de materias primas, así como de la ejecución de las operaciones más importantes de la fabricación o montaje, de manera que la Propiedad pueda enviar a sus representantes, de estimarlo necesario, a presenciar dichos ensayos u operaciones.

Independientemente de la presencia o no de los representantes de la Propiedad, el Adjudicatario deberá repartir a ésta, por triplicado, memorias de todos los ensayos realizados.

### **6.2 Montaje e Inspección**

Se deberán presentar para su aprobación una relación nominal del personal técnico que se ocupará de la ejecución de los montajes, indicando las funciones a realizar por cada uno de ellos y acreditando su capacidad técnica para el desarrollo de los mismos.

En caso de que a juicio de la Propiedad el personal técnico designado por el Adjudicatario sea insuficiente, éste se verá obligado a completar su organización con el número de técnicos necesarios, según el criterio de la Propiedad.

La Propiedad se reserva el derecho de recusar, en caso de no satisfacerle el desarrollo de las operaciones de montaje, tanto al representante del Adjudicatario como a cualquier otro miembro de su organización en la obra y obligar a éste a sustituirlo en un plazo de treinta días por otro de igual categoría.

El Adjudicatario podrá cubrir con compañías de seguros los riesgos relativos a los materiales y equipos en curso de montaje. Este seguro será ampliado para cubrir además los daños que cause a la Propiedad o a terceros durante o por causa de las operaciones de montaje.

La Propiedad podrá señalar la obligatoriedad del seguro de materiales y equipos en curso de montaje. Este seguro será ampliado para cubrir además los daños que cause a la Propiedad o a terceros durante o por causa de las operaciones de montaje.

El personal de inspección de la Propiedad podrá ordenar la suspensión de los trabajos que no estuviesen ejecutados de acuerdo con las condiciones y especificaciones contractuales. La orden de suspensión será confirmada por escrito.

Siempre que fuese necesario enviar una pieza o equipo a fábrica como consecuencia de un error o avería, los gastos de transporte, seguros y otros, correrán por cuenta del Adjudicatario.

Los gastos, encargos y cualquier formalidad necesaria para la importación temporal o reexportación de herramientas, instrumentos o material a utilizar en la ejecución del suministro, serán a cargo del Adjudicatario.

La Propiedad fiscalizará directamente a través de sus representantes los trabajos de montaje. A este efecto estará asegurado al personal de inspección de la Propiedad el libre acceso a cualquier hora las oficinas de obra, almacenes u otros locales de trabajo del Adjudicatario, que está en la obligación de facilitarle cuantos datos y aclaraciones sean precisos.

### 6.3 Controles

El Adjudicatario se asegurará, por unos controles apropiados, de la buena calidad del material entregado. Los resultados de estos controles serán sometidos a la aprobación de la Propiedad quien podrá exigir, si lo cree necesario, la realización de controles suplementarios.

#### 6.3.1 Intercambiadores de calor

Antes de iniciar la fabricación de los cambiadores de calor, el Proveedor someterá a la aprobación de la Propiedad de los procedimientos de soldadura (WPS) que ha de utilizar, debidamente respaldados por sus certificados correspondientes de calificación (PQR), emitidos por una Entidad Colaboradora de la Administración (ENICRE), así como los certificados de homologación de los soldadores que han de participar en la fabricación.

Examen visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

Ensayos de pruebas o presentación de documentos acreditativos, según las normas correspondientes.

#### 6.3.2 Tuberías

Las tuberías se deberán manipular sin movimientos bruscos y sin arrastre del material por el terreno.

Inspección visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

Recopilación de copia de solicitud y aceptación del suministro del material por el Adjudicatario y el Proveedor, respectivamente, con el albarán de recepción. Se incluirá además el Certificado de Fabricación y Pruebas de los lotes de suministros.

Identificación de las tuberías con gravado longitudinal de la designación comercial, material, diámetro, espesor, presión de trabajo, normas y año de fabricación.

#### 6.3.3 Columnas y depósito a presión

Se realizará el suministro en unidades, según capacidad, perfectamente terminado, sin defectos superficiales de fabricación o transporte.

Se deberá recopilar de la copia de solicitud y aceptación del suministro del material por el Adjudicatario y el Proveedor, respectivamente, con albarán de recepción. Se incluirá:

- Certificado de Fabricación y Pruebas de los lotes suministrados.
- Certificado de Homologación y timbrado MINER.

Identificación de depósitos con placa situada al lado de la boca en la que figure la designación comercial, número de registro y fabricación, presión de prueba, presión de timbre, superficie exterior, capacidad y fecha de pruebas.

Inspección visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

#### 6.3.4 Bombas

Comprobar que la instalación está completa y ha sido llenado de aceite todo el sistema de lubricación.

Verificar que el motor y las bombas están adecuadamente alineados.

Se debe comprobar que todos los componentes del sistema de limpieza: filtros, orificios de restricción, presostatos, alarmas de nivel, enfriadores, están correctamente instalados y limpios.

#### 6.3.5 Prueba hidráulica en taller

La Propiedad podrá exigir, la realización de una prueba hidráulica en taller. El Adjudicatario deberá proveerse de los fondos de cierre para poder realizarlos.

La presión de prueba que se determinará en cada caso no será inferior a 1,5 veces la presión máxima de diseño.

Si las pruebas revelasen defectos inadmisibles, tales como fugas y deformaciones locales, el Adjudicatario someterá a la aprobación de la Propiedad el procedimiento de reparación y una vez reparada la pieza se repetirá la prueba hidráulica.

#### 6.4 Acta de fin de montaje

Cuando el Adjudicatario considere que los equipos están en condiciones óptimas para entrar en servicio, lo comunicará por escrito a la Propiedad y se procederá a una revisión general conjunta del montaje, levantándose, si procede, un acta de final de montaje firmada por representantes cualificados de ambas partes.

#### 6.5 Ajustes, ensayos y servicio experimental

Finalizado el montaje, serán efectuados los ajustes, ensayos y puestas en servicio experimentales de acuerdo con las condiciones establecidas.

La instrucción de entrenamiento del personal de la Propiedad por parte del Adjudicatario será efectuada en este período.

Salvo que se establezca otro acuerdo, la transferencia del equipo y materiales objeto del suministro tendrá lugar en la fecha de su entrada en servicio industrial; sin embargo, la cesión de posibles equipos importados por la Propiedad se hará con la entrega del conocimiento de embarque, carta de porte o documento similar, si bien el riesgo y la garantía será por cuenta del Adjudicatario hasta la entrada de los equipos en servicio industrial.

## 6.6 Recepción provisional

Finalizado el servicio experimental y simultáneamente al comienzo del servicio industrial, será levantada, con anterioridad a la realización de los ensayos de recepción correspondientes, un Acta de Recepción Provisional firmada por representantes cualificados tanto de la Propiedad como del Adjudicatario.

Si por motivos no imputables al Adjudicatario, los ensayos de recepción no pudiesen ser efectuados, la recepción provisional será considerada como realizada ciento veinte días después de la fecha en que las pruebas debieron haber comenzado. Sin embargo, el Adjudicatario está obligado a realizar dichos ensayos antes de la fecha de recepción definitiva.

La Dirección Técnica levantará, por triplicado, un Acta de Recepción de las Obras en la que se harán constar las posibles deficiencias en los trabajos, así como el plazo para subsanar éstas.

Si las obras se encuentran en condiciones óptimas y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones marcadas, se darán por recibidas, comenzando a contar en dicha fecha el plazo de garantía establecido en el contrato, que será como mínimo de tres meses.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, así se hará constar en el Acta, otorgándose además al Adjudicatario y / o Proveedor en la misma las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados y fijándose un plazo para subsanar éstos. Expirado dicho plazo, se realizará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de las obras. Los trabajos de reparación corren por cuenta del Adjudicatario, de forma que de no cumplirse las prescripciones el contrato podrá considerarse como rescindido, con la pérdida de la fianza.

## 6.7 Período de garantía

La fecha del Acta de Recepción Provisional será el comienzo del período de garantía. El Adjudicatario podrá mantener en la obra a todo o parte de su personal especializado, si bien posibilitará la presencia de éste siempre que la Propiedad lo exija o en caso de anomalías de funcionamiento o averías.

La duración del período de garantía será la acordada entre la Propiedad y el Adjudicatario a la hora de la formulación del contrato y comenzará a contar a partir de la fecha de firma del Acta de Recepción Provisional.

Durante el plazo de garantía el Adjudicatario reemplazará cualquier pieza o equipo defectuoso, debido a una mala concepción, defecto o calidad inadecuada de las materias primas empleadas, defecto de fabricación o error de montaje. Todas estas sustituciones y posibles trabajos de construcción civil deberán ser realizados en el menor tiempo posible, corriendo todos los gastos por cuenta del Adjudicatario.

No eximirá al Adjudicatario de responsabilidad alguna el hecho de que el Ingeniero Director o sus subalternos hayan examinado las obras durante su construcción, reconocido sus materiales o hecha la valoración en las relaciones parciales. En consecuencia, de observarse vicios o defectos antes de la recepción definitiva se podrá disponer a la demolición o reconstrucción de las partes defectuosas.

Durante el período de garantía, cualquier equipo, componente o pieza a sustituir por otro u otros en razón de la misma calidad, tendrá a partir de la fecha de entrada en servicio un plazo de garantía igual al del equipo o pieza al que sustituya.

Si como consecuencia de defectos o accidentes imputables al Adjudicatario el equipo no pudiese funcionar en parte o en todo el período de garantía, el tiempo en que el equipo no pueda operar será añadido al plazo de garantía.

## 6.8 Recepción definitiva

Transcurrido el plazo de garantía, previo reconocimiento de las obras y demás trámites reglamentarios y en el supuesto de que todos los trabajos se encuentren en las debidas condiciones, se procederá a efectuar la recepción definitivamente de las obras, para lo cual se elaborará la correspondiente Acta de Recepción Definitiva, en la que se relatarán las incidencias habidas durante el período de garantía y que deberá estar firmada por representantes cualificados de la Propiedad y el Adjudicatario.

Hasta que el representante de la Propiedad no haya aprobado la recepción definitiva de los trabajos, el Adjudicatario se hará cargo de roturas, robos de material, averías, etc., cualquiera que fuese el motivo, aun cuando el desperfecto se haya producido en una operación ordenada por la Propiedad con el conocimiento del Adjudicatario.

Si son necesarias pruebas de funcionamiento, capacidad de producción, etc., para la recepción definitiva de algún elemento o del conjunto, el Adjudicatario dirigirá dichas pruebas y cargará con los gastos de todos los medios y creación de condiciones, salvo si todos o parte de tales gastos fueron incluidos en la adjudicación como obligaciones de la Propiedad.

#### Documento IV. Pliego de Condiciones

Con anterioridad a la recepción definitiva serán resueltas todas las reclamaciones planteadas y habrán transcurrido todos los plazos de garantía de los equipos, componentes o piezas que hayan sido sustituidas.

Podrán hacerse recepciones definitivas parciales en los casos en los que se considere oportuna esta decisión.

Efectuada la recepción definitiva de todo suministro cesa la garantía establecida.

## **7 ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y SEGUROS**

### **7.1 Almacenamiento**

La Propiedad indicará la capacidad de los almacenes o explanadas de propio acopio de los que dispondrá el Adjudicatario en obra, así como la fecha a partir de la cual podrá disponer de ellos.

Queda terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del Ingeniero Director, efectuar acopios de materiales, cualquiera que sea su naturaleza, en zonas que dificulten el adecuado transcurso de los trabajos.

Los materiales se almacenarán en forma tal que se asegure la preservación de su calidad para su utilización en obra, requisito que deberá ser comprobado en el momento de dicha utilización.

Las superficies empleadas como zonas de acopio deberán acondicionarse una vez finalizado el uso de los materiales en ellas acumulados, de forma que puedan recuperar su aspecto original.

Todos los gastos requeridos para efectuar el almacenamiento, manutención o guarda serán por cuenta del Adjudicatario.

### **7.2 Transporte**

Salvo que la Propiedad indique lo contrario, compete al Adjudicatario transportar a las instalaciones de la obra todos los materiales y equipos objeto del suministro desde sus fábricas, colocándose en buenas condiciones de manejabilidad, conservación y seguridad en los lugares destinados por la Propiedad a tal fin.

El Adjudicatario deberá prever que ninguna expedición sea hecha desde sus fábricas o desde las de sus suministradores sin aprobación previa por parte de la Propiedad, teniendo en cuenta que:

- Se respetarán las fechas previstas en el programa de trabajos.
- El escalonamiento de envíos en las fechas más favorables para la buena marcha de los trabajos y la óptima utilización de las superficies reservadas a parques.
- La eventual inspección de los embalajes y otras condiciones de trabajo.



- La eventual colaboración de la Propiedad en la resolución de los problemas de transporte que puedan resultar de volúmenes o pesos excesivos, en especial cuando su resolución dependa de Organismos Oficiales de Estado.

La aceptación por parte de la Propiedad de los embalajes, acondicionamiento y medios de transporte no exime de su responsabilidad el Adjudicatario en lo que respecta al transporte, así como al funcionamiento y duración de los materiales y equipos expedidos.

Los embalajes de los materiales y equipos entregados en las instalaciones de la obra pasarán a ser dominio de la Propiedad después de su utilización.

El Adjudicatario deberá prever que la Propiedad reciba para cada expedición, con antelación suficiente, una lista de embalajes con indicación de los respectivos contenidos, pesos, dimensiones y marcas, permitiendo una identificación fácil y correcta.

### 7.3 Seguros de transporte

El seguro de materiales y equipos en tránsito será efectuado por el Adjudicatario, a no ser que la Propiedad haga constar expresamente que suscribirá un seguro por su cuenta.

### 7.4 Importación de materiales y equipos.

Los trámites aduaneros de los equipos fabricados en el extranjero y de los materiales (partes, piezas o accesorios) destinados a ser incorporados a los equipos fabricados en España, serán hechos en nombre de la Propiedad por el Adjudicatario.

En caso de que el Adjudicatario no pudiese llevar a cabo los trámites citados en la cláusula anterior, la Propiedad llevará a cabo la tramitación y despacho en aduanas de los materiales importados, por cuenta del Adjudicatario.

El Adjudicatario obtendrá a su debido tiempo la documentación necesaria para la importación y para el paso en tránsito por un tercer país, en caso de que fuese necesario.

El Adjudicatario deberá comunicar por escrito a la Propiedad, por cada fabricante extranjero y en relación con el equipo a importar, los siguientes elementos: designación, peso líquido, valor, procedencia y moneda de pago.

#### Documento IV. Pliego de Condiciones

El Adjudicatario deberá obtener a su debido tiempo la documentación necesaria para que los trámites aduaneros se efectúen en las mejores condiciones, independientemente de que la Propiedad gestione, si procede, la exención de derechos de importación.

## **8 ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS**

### **8.1 Dirección de las obras y representación del adjudicatario**

La Dirección del conjunto de las obras estará a cargo del personal técnico de la Propiedad. Se hará saber al Adjudicatario quién es el Ingeniero Encargado o Director Técnico de las obras, cuyas principales funciones, que afectan fundamentalmente a las relaciones con el Adjudicatario, son:

- Exigir al Adjudicatario, directamente a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que el presente Pliego de Condiciones deje a su decisión.
- Resolver todas las ecuaciones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en los trabajos que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso, las propuestas correspondientes.

Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.

- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el Adjudicatario deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Participar en las recepciones provisional o definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

- El Adjudicatario estará obligado a prestar su colaboración al Ingeniero Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

Antes de iniciarse los trabajos, el Adjudicatario deberá indicar a la Propiedad el nombre de su representante al frente de los mismos, que actuará como Jefe de Montaje, tanto en los aspectos técnicos como económicos. Los poderes del Jefe de Montaje deben ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la Propiedad. En ningún momento servirá de excusa al Adjudicatario la ausencia de su representante a pie de obra.

También antes del comienzo de las obras, el Adjudicatario deberá presentar para su aprobación la relación nominal del personal técnico que se ocupará de la ejecución de los montajes, indicando las funciones a desarrollar por cada uno de ellos.

La Propiedad se reserva el derecho a recusar al jefe o a cualquier otro técnico destinado por el Adjudicatario en la obra durante el desarrollo de los trabajos, viéndose este obligado a sustituirlo por otro de igual categoría en un plazo de treinta días.

En caso de que, a juicio de la Propiedad, el personal técnico designado por el Adjudicatario no sea suficiente para la buena marcha de los trabajos, éste quedará obligado a contemplar su organización con el número de técnicos que fuese necesario según el criterio de la Propiedad.

## 8.2 Terrenos para la ejecución de las obras

La Propiedad señalará al Adjudicatario los límites de los terrenos de su propiedad de los cuales le permite montar sus instalaciones, y dará acceso a los mismos. Todo esto aparecerá reflejado en los planos que se entreguen a los concursantes para el estudio de las ofertas.

Se supone en el Adjudicatario un conocimiento perfecto de la disposición del conjunto de terrenos, de la importancia y situación de los trabajos objeto del contrato, de la naturaleza y estado de los terrenos, de los emplazamientos reservados para las obras, de los medios de acceso y de las condiciones climáticas de la región, en especial de aquellas que pueden afectar a los trabajos.

La obligación de la Propiedad en cuanto entrega de terrenos necesarios queda limitada a las parcelas que figuran y se reseñan en los planos que se entregan a los concursantes con la petición de oferta, debiendo además estos últimos definir lo que se entiende por la zona de montaje.

Si por conveniencia del Adjudicatario éste dejase disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en los planos mencionados en el párrafo anterior, correrá por su cuenta la adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el Adjudicatario someter previamente a la aprobación de la Propiedad las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización oportuna.

El Adjudicatario se hará responsable de los daños que pueda causar en las vías públicas y en los caminos de acceso si éstos son de particulares o de la propiedad. Del mismo modo, está en la obligación de cumplir todas las limitaciones y solicitar los permisos de transportes especiales, etc. En cualquier caso, el Adjudicatario responderá por todos los perjuicios que, como consecuencia del contrato, se puedan causar a terceras personas en bienes muebles, inmuebles, cosechas, etc., siendo de su competencia las reclamaciones que puedan formularse como consecuencia de dichos perjuicios.

### 8.3 Instalaciones auxiliares

En caso de que la obra se construya en una zona en la que la Propiedad distribuya energía eléctrica, ésta facilitará al Adjudicatario la potencia necesaria para sus instalaciones y le comunicará la cantidad que le cobrará por la energía consumida. La red de distribución de energía en las zonas de obra será por cuenta del Adjudicatario, deberá estar constituida por cables aislados y no deberá interferir en otros trabajos en marcha, por lo que su instalación deberá ser previamente autorizada por la Propiedad en caso de estar ubicada en el recinto de la obra, debiendo cumplir todas las normas y reglamentos oficiales vigentes.

El abastecimiento de agua y de aire comprimido necesario para la obra será cuenta del Adjudicatario y su instalación deberá cumplir las normas y reglamentos oficiales en vigor.

La Propiedad podrá facilitar, en caso de disponer de los mismos, materiales y medios auxiliares en las condiciones que se establezcan. Serán por cuenta y responsabilidad del Adjudicatario:

Los medios y materiales necesarios para la construcción, desmontaje, demolición o retirada en el plazo que se le indique, de sus instalaciones en obra tales como oficinas, almacenes, comedores, etc.

- Los medios para asegurar la vigencia y conservación del material almacenado en obra o curso de montaje.

- Todas las herramientas o medios necesarios para la ejecución del montaje, tales como andamios, escaleras, diferenciales, etc., y materiales de consumos de corriente como electrodos, etc.
- Todos los ensayos de componentes o materias primas que se estimen necesarios en curso de montaje sean elaborados tanto en el laboratorio de obra como en ajenos.
- Las diligencias o gastos necesarios para la realización de las operaciones normales de inspección por parte de los organismos oficiales.

El Adjudicatario no podrá ampararse, para eludir las obligaciones del contrato, en las dificultades que puedan ser ocasionadas por la ejecución simultánea de otros trabajos o instalaciones confiadas por la Propiedad a otros contratistas o suministradores que intervengan en la realización del mismo proyecto.

El Adjudicatario no podrá reclamar si en el curso de los trabajos y para el adecuado cumplimiento del contrato fuese preciso aumentar la importancia de su material, en calidad y cantidad, respecto a sus previsiones iniciales. De cada nueva aportación de maquinaria se formalizará una nota análoga a la que forma parte del contrato para la maquinaria y útiles aportados inicialmente, que será unida como anexo al contrato.

Sin embargo, cuando el Adjudicatario se vea obligado a poner en servicio material suplementario para responder, bien a circunstancias imprevistas en el contrato, o bien a causas de fuerza mayor debidamente comprobadas y en cualquiera de ambos casos reconocidas previamente por la Propiedad, la utilización de ese material será de abono por aplicación de precios complementarios establecidos de común acuerdo, conforme a las disposiciones que se fijan en el presente Pliego de Condiciones.

#### 8.4 Relación entre la Propiedad y el Adjudicatario

El Adjudicatario está obligado a suministrar, en cualquier momento, toda la información relativa a la ejecución del contrato que la Propiedad juzgue necesario conocer por causa de las posibles incidencias de los trabajos al Adjudicatario sobre los de otros contratistas o suministradores.

En ningún caso las peticiones de información dirigidas al Adjudicatario por la Propiedad supondrán una injerencia de la Propiedad en la ejecución del contrato, ni entrañarán una participación de la Propiedad en la responsabilidad del Adjudicatario. Estas peticiones tendrán únicamente un carácter informativo.

En todo caso, el Adjudicatario es el único responsable del ejercicio de la función que le es propia, en orden a las obligaciones del contrato.

Siempre que sea requerido, el Adjudicatario, o a efectos su representante, deberá presentarse en el domicilio de la Propiedad de la obra con el fin de que no pueda imputarse su ausencia como causa de retraso o suspensión del cumplimiento de las órdenes de la Propiedad.

La coordinación de las actividades del Adjudicatario necesarias para la ejecución del suministro con la de otros contratistas de la Propiedad o con cualquier entidad ajena al contrato con la que haya necesidad de tratar, es competencia de la Propiedad.

Siempre que el Adjudicatario establezca contacto con otros contratistas de la Propiedad para tratar asuntos relativos a la buena ejecución del suministro, estará obligado a enviar a la Propiedad copias de las comunicaciones y correspondencia producida, de forma que las decisiones tomadas durante tales contactos tan sólo se harán efectivas de ser aprobadas por escrito por la Propiedad.

Si como consecuencia de los anteriores contactos surgiesen diferencias o dificultades, el Adjudicatario deberá pedir una reunión con la Propiedad o sus representantes, que las resolverán con arreglo a los contratos establecidos con las partes implicadas. Las reuniones de esta naturaleza deberán ser solicitadas con una antelación de al menos diez días.

La Propiedad, siempre que lo juzgue conveniente, convocará a iniciativa suya o a petición del Adjudicatario, reuniones con éste, y de ser necesario con otros contratantes, a fin de discutir y resolver de acuerdo con el programa de trabajos aprobado, los problemas que resulten de la coordinación de las obras en curso, de la ocupación sucesiva de locales en la obra, de la disponibilidad de medios de utilización común y otros.

Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre este uso suplementario y el reparto de gastos correspondiente.

La Propiedad deberá estar permanentemente informada de los acuerdos a los que lleguen los distintos contratistas o suministradores para, en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda o actuar como árbitro. La decisión es obligatoria para los interesados. En ningún caso la Propiedad deberá encontrarse durante los trabajos en presencia de una situación derivada de una falta de información por parte del Adjudicatario o de los otros suministradores o contratistas de las obras.

Cuando varios contratistas y suministradores trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que puedan derivarse de su propia actuación.

### 8.5 Subcontratación de obras

A menos que el contrato disponga lo contrario o de que su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Adjudicatario, este último podrá contratar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, cumpliendo para ello los siguientes requisitos:

- Notificar por escrito al Ingeniero del subcontrato las partes de obra a realizar y las condiciones económicas, de modo que éste las pueda autorizar previamente.
- Las unidades de obra que el Adjudicatario contrate con terceros no deben exceder el 50% del presupuesto total de la obra principal.

La subcontratación deberá siempre supeditarse a la autorización previa por parte de la Propiedad.

En cualquier caso, la Propiedad no quedará vinculada en absoluto, ni reconocerá ninguna obligación contractual entre ella y el Subcontratista, de forma que cualquier subcontratación de obra no eximirá al Adjudicatario de ninguna de sus obligaciones respecto a la Propiedad.

### 8.6 Personal de montaje

Es por cuenta y responsabilidad del Adjudicatario el reclutamiento de todo el personal especializado, no especializado y auxiliar para la dirección y ejecución del montaje, así como todos los gastos de ese personal, tales como viajes, alojamientos, dietas, desplazamientos del personal, alojamiento en obra y desplazamientos dentro de la propia obra.

Cualquiera que sea la nacionalidad del Adjudicatario, el reclutamiento de personal deberá cumplir las leyes en vigor.

Si el Adjudicatario emplea en obra personal extranjero, será de su cuenta y cargo la obtención de las condiciones necesarias para que pueda trabajar en España.

Todos los trabajadores, independientemente de su nacionalidad, acatarán las leyes laborales vigentes en cuanto a horarios, seguros sociales, etc., además de aquellas de carácter general que estén vigentes para el personal de la obra.



Al frente de cada trabajo de montaje el Adjudicatario deberá tener, a pie de obra, un técnico titulado de cualquier especialidad o condición que pueda acreditar de forma satisfactoria ante la Propiedad su competencia en la clase de trabajos que desempeñe.

El Adjudicatario es responsable de los fraudes o malversaciones que sean cometidas por su personal en el suministro o empleo de materiales.

El número de trabajadores de cada profesión deberá ser siempre proporcionado a la cantidad y obra a ejecutar, teniendo en cuenta los plazos fijados.

El Adjudicatario deberá remitir a la Propiedad siempre que lo solicite, una relación del personal presente en la obra, clasificado por categoría profesional.

El Adjudicatario está obligado a mantener la disciplina y el orden en los lugares de trabajo.

La Propiedad se reserva el derecho a exigir la retirada de la obra de cualquier operario al servicio del Adjudicatario, por motivo de falta de obediencia y respeto, o a causa de actos que comprometa o perturben, a juicio de la misma, la marcha de los trabajos.

El Adjudicatario podrá recurrir si se entendiese que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

## 8.7 Seguros y asistencia médica

El Adjudicatario no podrá comenzar los trabajos sin justificar previamente ante la Propiedad, tener cubiertos los seguros por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, de acuerdo con la legislación vigente.

El Adjudicatario asegurará por sí o por medio de Compañía de Seguros adecuada, la prestación de asistencia médica o de enfermedad al personal.

El Adjudicatario es responsable de las condiciones de seguridad de los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre esta materia, las medidas que dicten la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes y las normas de seguridad que correspondan a las características de las obras contratadas.

Con objeto de organizar colectivamente y de inspeccionar la seguridad y la higiene de las obras, todos los contratistas que trabajen en las mismas deberán, por indicación de la Propiedad, agruparse en el seno de una Junta Central de Seguridad, formada por los representantes de las

empresas, Junta que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad adoptadas por los comités u organizaciones de seguridad de cada una de las empresas.

## **9 ABONO DE LAS OBRAS**

### **9.1 Definición de precios**

Los gastos de bienes y servicios objeto de suministro, serán expresados en euros y cubrirán la fabricación, el suministro y el montaje de todos los equipos ensayados y en funcionamiento, así como los repuestos y servicios adicionales que se especifiquen.

Los gastos de primer establecimiento y desmontaje y retirada de las instalaciones de obra, estarán incluidos en el precio del suministro.

Todos los precios unitarios o globales comprenden, sin excepción ni reserva, además del beneficio del Adjudicatario, la totalidad de los gastos y cargas ocasionadas por la ejecución en los plazos establecidos de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, incluidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Adjudicatario por los diferentes documentos del contrato y por el presente Pliego de Condiciones.

El precio de los materiales y equipos que componen el suministro comprenderá:

- Coste en factoría de los materiales y equipos, sean de procedencia nacional o extranjera, incluido el embalaje adecuado.
- Coste del transporte de factoría a pie de obra y distribución dentro de ésta.
- Coste del seguro de transporte.
- Coste unitario de las piezas de repuesto que se establezcan.

En el precio de materiales y equipos estarán incluidos los estudios de fabricación, dibujos, esquemas eléctricos, etc., así como los derechos de patente, y demás que puedan incidir sobre los mismos, quedando la Propiedad libre de cualquier exigencia por parte de terceros sobre los citados derechos.

En el precio del transporte estarán incluidos cargas, descargas, transbordos, colocación en parque o almacén, incluso guarda, así como los gastos correspondientes a derechos aduaneros o permisos de importación, en caso de haberlos.

El coste y montaje incluirá los gastos de instrucción y adiestramiento del personal de la Propiedad que se hará cargo de la explotación de las instalaciones, el precio de los seguros y los

ensayos de los equipos e instalaciones realizados, siguiendo las pautas fijadas en el presente Pliego, al finalizar el montaje.

## 9.2 Prestaciones accesorias y trabajos por admisión

El Adjudicatario está obligado a realizar, a título accesorio, trabajos de pequeña importancia y prestaciones complementarias en régimen de Administración.

Los trabajos realizados en régimen de Administración se liquidarán de la siguiente forma:

- a) Empleo de mano de obra y materiales: el importe a abonar por estos conceptos viene dado por la ecuación 1:

$$I = (J + M) \left( \frac{100 + n}{100} \right) \quad [\text{Ecuación 1}]$$

En la ecuación 1:

*J*: es el importe total de la mano de obra, obtenido aplicando al total de horas trabajadas por personal obrero de cada categoría, directamente empleado en estos trabajos, la tarifa media horaria correspondiente, según baremo establecido, incluyendo jornales, cargas sociales, gastos de alojamiento y porcentaje de útiles y herramientas.

*M*: es el precio pagado según factura de los materiales y suministros utilizados en estos trabajos, incluido el transporte hasta almacén de obra.

*n*: es el porcentaje de aumento sobre los conceptos anteriores, que cubre los demás gastos, gastos generales y beneficio. Este valor se fijará en el contrato y será siempre menor o igual que 20.

- b) Empleo de equipo auxiliar: la mano de obra directa, combustibles y energía correspondientes al empleo de maquinaria o equipo auxiliar del Adjudicatario, para la ejecución de trabajos o prestaciones de servicios pagados por la Administración, se abonará al Adjudicatario por aplicación de las fórmulas anteriores.

Además, se abonará al Adjudicatario una remuneración según tarifa, expresada en tanto por mil, en concepto de utilización de la maquinaria, incluyendo los gastos de conservación, reparaciones y cambios.

Se empleará una o varias tarifas según el tipo de maquinaria, expresados siempre en tanto por mil del valor de la máquina por hora efectiva de utilización (o bien por día natural de utilización).

Cuando se decida de común acuerdo traer a la obra nueva maquinaria, especialmente para trabajos por Administración, se empleará también la fórmula anterior, pero se asegurará al Adjudicatario una remuneración diaria mínima en concepto de inmovilización expresada también en un tanto por mil del valor de la máquina, por día natural de inmovilización.

Además, en este caso, se abonará al Adjudicatario el transporte de la maquinaria a obra, ida y vuelta, y los gastos de montaje y desmontaje, si los hubiere, según la fórmula indicada en el aparatado anterior.

Cuando una máquina sea utilizada con posterioridad a la fecha en que su empleo era necesario para terminar los trabajos objeto del presente Contrato, a partir de la misma se asegurará al Adjudicatario la percepción del mínimo de inmovilización antes señalado.

Los importes obtenidos por todas las expresiones anteriores se incrementarán también en el mismo porcentaje *n* anteriormente citado, que cubre los demás gastos, gastos generales y beneficio.

El Convenio de Adjudicación o el Pliego de Condiciones Particulares establecerán los detalles complementarios que sean precisos.

### 9.3 Trabajos no previstos

Cuando se juzgue necesario ejecutar trabajos no previstos, se prepararán los precios contradictorios correspondientes, teniendo en cuenta los del contrato o, por asimilación, los de obras semejantes. Los nuevos precios se basarán en las mismas condiciones económicas que los precios del contrato.

A falta de mutuo acuerdo y en espera de la solución de la discrepancia, se liquidará provisionalmente al Adjudicatario en base a los precios fijados por la Propiedad.

Si no hubiese conformidad en la fijación de dichos precios entre la Propiedad y el Adjudicatario, éste quedará relegado de la construcción de la parte de la obra de que se trate, sin derecho a indemnización de ninguna clase. En esta situación en la que, a juicio de la Propiedad, sea imposible el fijar nuevos precios, o así le convenga a esta última, corresponderá únicamente a ella la decisión de abandonar excepcionalmente los trabajos en régimen de administración.

Cuando se proceda al empleo de los materiales o ejecución de las obras de que se trate, sin la previa aprobación de los precios que hayan de aplicárseles, se entenderá que el Adjudicatario se conforma con los que le fije la Propiedad.

#### 9.4 Revisión de precios

En caso de variación de las condiciones económicas en el curso de la ejecución del contrato, los precios establecidos serán revisados por la aplicación de la fórmula general.

$$P = P_0 \cdot K \quad [\text{Ecuación 2}]$$

En la ecuación 2:

- $P$  es el precio de origen a revisar.
- $P_0$  es el nuevo valor del precio  $P$  después de la revisión.
- $K$  es un coeficiente calculado según la siguiente fórmula:

$$K = 0,15 + a \cdot \frac{H_i}{H_0} + b \cdot \frac{M_i}{M_0} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

En donde:

- $a$  y  $b$  son coeficientes de influencia que cumplen la característica de que  $(a+b)=0,85$ .
- $H_0$  y  $H_i$  son los índices correspondientes a mano de obra en la fecha de presentación de la oferta y en el período en el curso del que se ha calculado la revisión, respectivamente.
- $M_0$  y  $M_i$  son los índices correspondientes a materiales en la fecha de presentación de ofertas y en el período en el curso del cual se ha calculado la revisión, respectivamente.

Los índices que han de utilizarse en la formulación de las expresiones de revisión serán los índices oficiales de precios sometidos mensualmente a la aprobación del Gobierno por el Comité Superior de Precios de Contratos del Estado y publicados en el Boletín Oficial del Estado.

Para un mismo contrato se pueden prever uno o varios coeficientes K, aplicándose cada uno de ellos a un determinado grupo de precios.

La revisión de los precios se realizará únicamente en caso de producirse variaciones en los índices previstos en cada caso.

La Propiedad establecerá en cada caso particular la fórmula o fórmulas de revisión a emplear y las normas complementarias de aplicación de las mismas. Salvo que se indique lo contrario, serán de aplicación las fórmulas oficiales aplicables a las obras realizadas para el Estado que aparecen en las memorias de Comisión de Precios, publicadas periódicamente por el Ministerio de Obras Públicas.

Si los trabajos no han terminado al final del plazo global de ejecución previsto en el Convenio, prolongados, si da lugar, en un tiempo igual al de los retrasos reconocidos y aceptados por la Propiedad, resultantes de circunstancias no imputables al Adjudicatario, los coeficientes K a utilizar en la continuación de las obras no podrán en ningún momento ser superiores a los alcanzados en la época de terminación del plazo. Todos los valores inferiores de estos índices serán, por el contrario, aplicados a partir de la época en la que los mismos se hayan comprobado.

En principio, no serán revisables más que los precios que se refieran a prestaciones efectuadas en territorio español.

Además, cuando estos precios contengan elementos que dependan de un sistema económico, su revisión se limitará únicamente a la fracción de cada uno de ellos que dependa de las variaciones económicas comprobadas en España.

Si el contrato prevé excepcionalmente la revisión de los precios que dependan en su totalidad o en parte de un sistema económico extranjero, el importe revisado por medio de las fórmulas contractuales previstas a este efecto estará limitado al valor obtenido:

- Convirtiendo el precio inicial, cuando esté fijado en divisas extranjeras, en euros, al tipo de cambio aplicable en la fecha de referencia de precios.
- Aplicando al precio inicial, expresado en euros, la fórmula de revisión contractual, después de haber reemplazado los índices en vigor en el país extranjero por los índices o tipos de la misma naturaleza establecidos en el contrato.
- Convirtiendo, en su caso, el importe obtenido en divisas al cambio aplicable en las fechas de revisión.

## 9.5 Condiciones de pago

A efectos de pago de los diferentes equipos y servicios objeto del contrato, serán consideradas las partidas siguientes:

- Equipo y materiales entregados en el local de montaje.
- Montaje e instrucción del personal de explotación de la Propiedad.

En el contrato figurará una cláusula en la que se indique claramente la forma en que la Propiedad efectuará los pagos del equipo y materiales.

El coste del montaje será abonado totalmente en la fecha de recepción definitiva de las instalaciones, salvo que se especifique otro acuerdo en el contrato.

En el contrato se indicará el porcentaje sobre el coste total de suministros y servicios prestados por el Adjudicatario, que no se abonarán hasta la terminación del plazo de garantía.

## 9.6 Penalizaciones

Podrán aplicarse penalizaciones al Adjudicatario, e incluso podrá decidirse la rescisión del contrato en los siguientes casos:

- Si no se respetan las fechas finales o intermedias del programa general de trabajos aprobado.
- Si se retrasa la entrega de la documentación técnica.
- Si el equipo, o parte de él, no fuese capaz de asegurar normalmente el servicio industrial para el cual fue concebida y especificado.
- Si los resultados de las medidas y ensayos no correspondieran a los valores garantizados.

Aparte de la posibilidad de rescisión del contrato, el Adjudicatario tomará a su cargo los gastos ocasionados por sus retrasos.

Las penalizaciones o rescisión del contrato a que se ha hecho referencia serán aplicadas después de comprobar la Propiedad la imposibilidad por parte del Adjudicatario de corregir las faltas o defectos verificados y los desvíos medidos, y después de haber introducido en el plazo autorizado por la Propiedad las modificaciones del equipo y que sin que, entretanto, se produjesen



perjuicios directos o indirectos a la propiedad. La cuantía de las penalizaciones será determinada y calculada en cada caso particular en función del perjuicio causado a la Propiedad.

La Propiedad notificará al Adjudicatario, mediante carta certificada con acuse de recibo, la aplicación de penalizaciones.

### 9.7 Indemnizaciones a favor del Adjudicatario

Únicamente tendrá derecho el Adjudicatario a una indemnización en su favor en caso de pérdidas, averías y daños imputables a la Propiedad y debidamente comprobados, y eventualmente cuando éstos sean imputables a causa de fuerza mayor.

El Adjudicatario adoptará las disposiciones necesarias, a su cuenta y riesgo, para que su material e instalaciones no puedan sufrir daños o perjuicios como consecuencia de fenómenos naturales previsibles de acuerdo con la situación u orientación de la obra.

En el supuesto de que el Adjudicatario estime que existen causas de fuerza mayor, comunicará por escrito este hecho a la propiedad en un plazo máximo de diez días después de darse las circunstancias. La Propiedad se reserva el derecho de fijar en cada caso las indemnizaciones que puedan concederse al Adjudicatario y decidir si el motivo por el que reclama la indemnización puede incluirse en lo reseñado en el primer párrafo de este apartado. Pasados diez días no se admitirá ninguna reclamación procedente del Adjudicatario.

Se considerarán a estos efectos como causas mayores las indicadas en el Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas.

### 9.8 Rescisión de contrato

En el caso de que la Propiedad ordene el cese absoluto de los trabajos, el contrato queda inmediatamente rescindido. Si la Propiedad ordena su aplazamiento por más de un año, sean antes o después del comienzo de las obras, el Adjudicatario tiene derecho a la rescisión del contrato, si lo solicita por escrito, sin que ello tenga perjuicio alguno sobre la indemnización que tanto en un caso como en otro le corresponda, si hay lugar a ello.

No se aceptará la petición de rescisión por parte del Adjudicatario cuando sea presentada en un plazo superior a los cuatro meses a partir de la fecha de notificación de la orden de servicio prescribiendo el cese o aplazamiento de los trabajos.

Si la Propiedad ordena el aplazamiento de los trabajos durante un período menor a un año, el Adjudicatario no tendrá derecho a rescisión, pero sí a una indemnización en caso de

perjuicios debidamente constatados. En el caso de que se hubiesen empezado los trabajos, el Adjudicatario puede requerir que se proceda a la recepción provisional de las obras acabadas y en estado de ser recibidas y, una vez transcurrido el plazo de garantía, a la recepción definitiva.

En caso de fallecimiento del Adjudicatario, el contrato será revocado de pleno derecho, salvo que los herederos se comprometan por escrito a cumplir el contrato en vigor, sin incorporar en él modificación alguna.

En caso de quiebra o de suspensión de pagos por parte del Adjudicatario, el contrato queda inmediatamente rescindido de pleno derecho, bastando para ello que la Propiedad lo notifique de forma fehaciente en el plazo de dos meses a partir de la publicación legal de la declaración de quiebra o de la suspensión de pagos.

En todo momento las medidas de conservación o de seguridad cuya urgencia sea manifiesta, serán tomadas de oficio por la Propiedad con cargo al Adjudicatario, sin perjuicio de la decisión definitiva del tribunal.

Cuando el Adjudicatario no dé cumplimiento, sea a las disposiciones u obligaciones del contrato o a las órdenes dadas por la Propiedad, éste se exhortará a cumplir estos requisitos o demandas en un plazo determinado que, salvo en casos de urgencia, no será menor de diez días de la notificación de la intimación. Pasado este plazo, si el Adjudicatario no ha ejecutado las disposiciones prescritas la Propiedad podrá ordenar, a título provisional, el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del Adjudicatario.

Se procederá inmediatamente, en presencia del Adjudicatario o habiéndose convocado debidamente, a la comprobación de los trabajos realizados, de los materiales acopiados, así como al inventario descriptivo de su material y a la devolución a éste de la parte de los materiales que no utilizará la Propiedad para la terminación de los trabajos.

La Propiedad tiene, por otra parte, la facultad bien de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas (por cuenta y riesgo del Adjudicatario insumiso), bien de ejecutar el derecho de rescisión de contrato o bien de prescribir la continuación de la intervención.

Durante el período del régimen de intervención, el Adjudicatario podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la Propiedad.

El Adjudicatario podrá ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

Los excedentes de gastos que resulten de la intervención o del nuevo contrato, serán deducidos de las sumas que puedan ser debidas al Adjudicatario, sin perjuicio de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

Si la intervención o el nuevo contrato suponen, por el contrario, una disminución de gastos, el Adjudicatario no podrá pretender beneficiarse de ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la Propiedad.

En todos los casos de rescisión se procederá con el Adjudicatario o sus derechohabientes presentes o debidamente convocados, a la comprobación de los trabajos realizados, al inventario de los materiales acopiados, así como al inventario descriptivo de la maquinaria y de la instalación de la obra.

Cuando se dé la rescisión de la obra por otros conceptos que no sea la petición de ésta por parte de la Propiedad, ésta última entidad puede exigir al Adjudicatario que mantenga en obra todo o parte de sus instalaciones generales o de su material, con el fin de poder disponer libremente la prosecución de los trabajos, encargando su ejecución, de estimarlo conveniente, a otra empresa. Las instalaciones, maquinaria, etc., que la Propiedad decida que deben permanecer en obra, podrán ser utilizadas por ésta o por otra empresa de su elección hasta la terminación de las obras objeto del contrato rescindido, sin pago alguno por parte de la Propiedad o de dicha empresa designada en concepto de alquiler, amortización, etc.

Los materiales existentes de la obra y que la Propiedad decida utilizar en la terminación de las obras, serán abonados según los precios incluidos en el contrato anulado o según los que se fijen en su peritaje.

En los casos de rescisión por decisión de la Propiedad, se acordará entre ésta y el Adjudicatario qué instalaciones deben permanecer en la obra y la indemnización a pagar por la Propiedad en ese concepto.

En ningún caso podrá el Adjudicatario retirar de la obra maquinaria, materiales, instalaciones, etc., sin la autorización por escrito de la Propiedad. En casos de rescisión del contrato, la Propiedad le comunicará en un plazo de cuatro meses a partir de la fecha de rescisión las instalaciones, maquinaria, materiales, etc., que deben permanecer en la obra. También le indicará el plazo en que se deben retirar de la obra las instalaciones, maquinaria, materiales, etc., que la Propiedad no vaya a emplear en la terminación de los trabajos.

Debe indicarse que todas las menciones del Adjudicatario realizadas bajo este epígrafe pueden ser sustituidas, de darse el caso, por sus derechos – habientes.

## 9.9 Legislación

Las leyes españolas regularán las fases de concurso y establecimiento del contrato.

El Adjudicatario queda obligado a respetar las disposiciones generales prescritas en la legislación española vigente aplicables a la ejecución del contrato y a acatar las consecuencias de su incumplimiento.

El Adjudicatario y la Propiedad acuerdan someter la resolución de todas las divergencias, controversias y discrepancias que pueda dar lugar la interpretación o la ejecución del contrato de las obras, al juicio arbitral del derecho privado, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley del 22 de diciembre de 1983.

El arbitraje será de equidad. Los árbitros resolverán sobre los puntos concretos que se sometan a su decisión en la correspondiente escritura notarial de formalización de compromiso y dentro del plazo que en la misma se señale.

Los honorarios de los árbitros serán sufragados a partes iguales entre el Adjudicatario y la Propiedad. Contra el laudo emitido por los árbitros, con arreglo a su leal saber y entender, únicamente cabrá recurso de nulidad ante la Sala del Tribunal Supremo, por los motivos que se indican en el párrafo 3º del artículo 1696 de la Ley de Enjuiciamiento Civil.

# PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

## 1 DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1 Objeto

El presente pliego de prescripciones técnicas tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnico-facultativas que deben regir en la instalación de la planta descrita en este proyecto.

Las obras del proyecto consisten en la instalación de los equipos necesarios en una planta de producción de paracetamol a partir de fenol.

En lo referente a la definición y acabado de las distintas unidades de obra se deberá considerar que todos los trabajos, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y finalización de cualquier unidad de obra, según el criterio del Director de

Obra, se consideran ya incluidos en el precio de la misma aun cuando no figuren especificados en la descomposición o descripción de los precios.

## **2 EDIFICACIÓN**

### **2.1 Condiciones generales**

#### **2.1.1 Calidad de los materiales**

Todos los materiales a emplear en la presente obra deberán ser de primera calidad, y deben reunir las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

#### **2.1.2 Pruebas y ensayos de los materiales**

Todos los materiales a los que se hace referencia en este Pliego, podrán ser sometidos a los análisis y pruebas que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro material que sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, siendo rechazado en caso de no reunir las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

#### **2.1.3 Materiales no previstos en el proyecto**

Los materiales que no hayan sido previstos en el proyecto reunirán las condiciones de calidad necesarias, a juicio de la Dirección de Obra, no teniendo el Adjudicatario derecho a reclamación alguna por las condiciones exigidas.

#### **2.1.4 Condiciones generales de ejecución de las obras**

Todo los trabajos incluidos en el presente proyecto se realizarán con esmero, con arreglo a las buenas prácticas de construcción, de acuerdo a las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones de la Dirección General de Arquitectura de 1960, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección de Obra, no sirviendo por tanto como pretexto al Adjudicatario la baja puja, para cambiar la ejecución de las obras ni la primera calidad de los materiales ni de la mano de obra, ni emprender proyectos adicionales a los que tiene por objeto este documento.

## 2.2 Condiciones a cumplir por los materiales

### 2.2.1 Materiales para hormigones y morteros

#### 2.2.1.1 Áridos

La naturaleza de los áridos y su preparación será aquella que garantice la adecuada resistencia del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el presente Pliego de Condiciones Particulares.

Como áridos para la fabricación del hormigón puede emplearse arena o grava existente en yacimientos naturales, u otros productos cuyo empleo se encuentre aceptado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso, cumplirá las condiciones de la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural).

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a utilizar para otras aplicaciones distintas de las aceptadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convenga en cada caso.

En el caso de hacer uso de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectúa con arreglo al método de ensayo UNE-7243.

Queda prohibido el uso de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por arena o árido fino al árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5mm de luz de malla. Por grava o árido grueso se entiende el que queda retenido en dicho tamiz. Finalmente, por árido total (o simplemente árido cuando no hay lugar a confusión), es aquel que posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

#### 2.2.1.2 Agua para amasado

Deberá cumplir las siguientes prescripciones:

- Acidez tal que el pH sea mayor que 5, según la norma UNE-7234.
- Sustancias solubles, menos de quince gramos por litro (15 g/L), según la norma UNE-7130.
- Sulfatos expresados en  $SO_4$ , menos de un gramo por litro (1 g/L), según ensayo de la norma UNE-7131.

- Ion cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 g/L, según la norma UNE-71178.
- Grasas o aceites de cualquier clase, menos de 15 g/L, según la norma UNE- 7235.
- Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos según el ensayo de la norma UNE-7132.
- Demás prescripciones de la EHE.

#### 2.2.1.3 Aditivos

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros a aquellos productos, sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos y agua, que mezclados durante el amasado mejoran las características del mortero o el hormigón, en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento y plasticidad.

Se establecen los siguientes límites:

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor al dos por ciento (2 %) en peso de cemento, y si se trata de amasar con temperaturas muy bajas, del tres y medio por ciento (3,5 %) en peso de cemento.
- La proporción de aireante será mayor del cuatro por ciento (4 %) en peso de cemento.
- En el caso de emplear colorantes, la proporción será inferior al diez por ciento (10 %) en peso de cemento. No se usarán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

#### 2.2.1.4 Cementos

Se entiende como un aglomerante hidráulico el que responde a alguna de las definiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas General para la recepción de cementos del Real Decreto vigente.

Podrá ser almacenado en sacos o a granel. En el primer caso, el recipiente protegerá el cemento contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacena a granel, no podrán mezclarse cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al Adjudicatario la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en un plazo máximo de ocho días. Los métodos de ensayo serán los detallados en el citado Pliego General de Condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos. Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la instrucción EHE.

#### 2.2.2 Aceros

##### 2.2.2.1 Acero de alta adherencia en redondos para armaduras

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID, homologado por el Ministerio de Fomento.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán grietas, curvaturas, sopladuras, ni disminuciones de sección superiores a un 5 %.

El módulo de elasticidad será igual o mayor a dos millones cien mil kilogramos por centímetro cuadrado ( $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ ). Se entiende por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de dos décimas porcentuales (0,2 %). Se prevé el límite elástico del acero en  $4.200 \text{ kg/cm}^2$ . Esta tensión es el valor de la ordenada máxima en el diagrama de tensión deformación. Se tendrán prioritariamente en cuenta las determinaciones de la instrucción EHE.

##### 2.2.2.2 Acero laminado. Acero A-42B

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, curvaturas, sopladuras, ni disminuciones de sección superiores al cinco (5 %) por ciento.

#### 2.2.3 Materiales auxiliares para el hormigón

##### 2.2.3.1 Productos para el curado del hormigón

Se definen como productos para el curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una fina película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.



El color de la capa protectora será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción de radiación solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante siete días por lo menos después de una aplicación.

#### 2.2.3.2 Desencofrantes

Los desencofrantes se definen como los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, la labor de desmolde. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado por la Dirección de Obra.

#### 2.2.4 Encofrados y cimbras

##### 2.2.4.1 Encofrados y muros

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima producida al empuje del hormigón fresco sea inferior a un centímetro respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 metros de longitud, con la que se comprobará la posible curvatura existente.

##### 2.2.4.2 Encofrados de cimientos, vigas y arcos

Podrán ser de madera o metálicos, pero cumplirán la condición de que la deformación máxima de un borde encofrado respecto a la teórica, sea menor o igual a un centímetro de longitud teórica. Igualmente, el encofrado deberá tener la suficiente rigidez para soportar los efectos dinámicos de la vibración del hormigón de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de cinco milímetros.

#### 2.2.5 Aglomerantes excluyendo el cemento

##### 2.2.5.1 Cal hidráulica

Cumplirá las siguientes condiciones:

- Peso específico comprendido entre dos y medio (2,5) y dos con ocho décimas (2,8).
- Densidad aparente superior a ocho décimas (0,8).
- Pérdida de peso por calcinación menor al doce por ciento (12 %).
- Fraguado entre nueve (9) y treinta (30) horas.

- Residuo en tamiz de cuatro mil novecientas mallas (4.900) menor del seis (6 %) por ciento.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los siete días superior a los ocho kilogramos por centímetro cuadrado ( $8 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Resistencia a la tracción del mortero normal a los siete días superior a cuatro kilogramos por centímetro cuadrado ( $4 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los veintiocho días superior a los ocho kilogramos por centímetro cuadrado ( $8 \text{ kg/cm}^2$ ), y superior en dos kilogramos por centímetro cuadrado ( $2 \text{ kg/cm}^2$ ) al alcanzado al séptimo día.

#### 2.2.5.2 Yeso negro

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato de calcio semihidratado será como mínimo del cincuenta por ciento (50 %) en peso.
- El fraguado no comenzará antes de dos minutos y no terminará antes de 30 minutos.
- En tamiz de 0,2 mm (UNE-7050), el residuo no será mayor del 20 %.
- En tamiz de 0,08 mm (UNE-7050), el residuo no será mayor del 50 %.
- Las probetas prismáticas (4-4-16 cm) de pasta normal ensayadas a flexión con una separación de apoyos de 10,67 cm resistirán una carga central de ciento veinte kilogramos (120) como mínimo.
- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo de setenta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado ( $75 \text{ kg/cm}^2$ ).

#### 2.2.6 Materiales para fábrica

##### 2.2.6.1 Fábrica de ladrillos

Los ladrillos serán de primera calidad según lo definido en el Código Técnico de la Edificación. Las dimensiones de los ladrillos se medirán de acuerdo con la norma UNE- 7267. La resistencia a compresión de los ladrillos será como mínimo de:

## Documento IV. Pliego de Condiciones

- Ladrillos macizos: 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ladrillos perforados: 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ladrillos huecos: 50 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.2.7 Pintura

#### 2.2.7.1 Pintura al temple

Estará compuesta por una cola disuelta en agua y un pigmento mineral finamente disperso con la adición de un anti fermento tipo formol para evitar la putrefacción de la cola. Los pigmentos a usar pueden ser:

- Blanco de cinc que cumplirá UNE-48041.
- Litopón que cumplirá UNE-48040.
- Dióxido de titanio tipo anatasa que cumplirá UNE-48044. También podrán emplearse mezclas de estos pigmentos con carbonato cálcico y sulfato básico. Estos dos últimos productos considerados como cargas no podrán entrar en una proporción mayor del veinticinco por ciento (25 %) en peso de pigmento.

#### 2.2.7.2 Pintura plástica

Como vehículo para el pintado, se emplea un barniz, donde los pigmentos están constituidos de dióxido de titano y colores resistentes.

### 2.2.8 Colores, aceites y barnices

Todas las sustancias de uso general en la pintura deberán ser de excelente calidad. Los colores reunirán las siguientes condiciones:

- Facilidad para extenderse y cubrir perfectamente grandes superficies.
- Gran capacidad de fijación.
- Ser inalterables a la acción de los aceites o de otros colores.
- Insolubilidad en agua.
- Los aceites y barnices reunirán a su vez las siguientes características:
- Ser inalterables por la acción del aire.

## Documento IV. Pliego de Condiciones

- Conservar los colores.
- Transparencia y color perfectos.

Los colores deberán estar bien molidos y mezclados con el aceite. Además, estarán bien mezclados y sin grumos.

### 2.2.9 Fontanería

Las bajantes tanto de aguas pluviales como fecales serán de fibrocemento o materiales plásticos que dispongan de autorización de uso. No se admitirán bajantes de diámetro inferior a doce centímetros. Todas las uniones entre tubos y piezas especiales se realizarán mediante uniones Gibault.

## 2.3 Condiciones para la ejecución de las obras

### 2.3.1 Movimiento de tierras

Consiste en el conjunto de operaciones realizadas para excavar, evacuar, llenar y nivelar el terreno, así como las zonas circundantes que puedan necesitarse, con el consecuente transporte de los materiales hasta el punto de vertido o hasta el lugar donde sean necesarios.

#### 2.3.1.1 Ejecución de las obras

Una vez terminadas las operaciones de preparación del terreno, se iniciarán las obras de excavación ajustándose a las indicaciones contenidas en los planos, tales como pendientes, dimensiones, alineaciones, etc.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se extrajo durante el clareo inicial del terreno, podrá ser empleada posteriormente en la protección de superficies que puedan sufrir erosión.

En cualquier caso, la tierra vegetal excavada se mantendrá separada del resto de materiales extraídos.

Todos los materiales que se obtengan en la excavación, excepto la tierra vegetal citada, podrán ser empleados en la formación de rellenos o en cualquier otro uso contemplado dentro de este Pliego. Se transportarán una vez extraídos a las zonas destinadas para su depósito dentro del solar, o bien al vertedero si no tuviesen aplicación dentro de la obra. Durante las diversas etapas de movimiento de tierras, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje. El material excavado no se podrá colocar de forma que suponga un peligro para las construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

El movimiento de tierras se abonará por metros cúbicos de material realmente excavados medidos por la diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de su finalización. La medición se hace sobre los perfiles obtenidos durante el proceso.

#### 2.3.1.2 Excavación de zanjas y pozos

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir la cimentación adecuada del terreno, sobre el que se situarán los equipos y la estructura. Su ejecución comprende las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el transporte de los materiales hasta su depósito o lugar de empleo.

El Adjudicatario deberá notificar con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación, con el objeto de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de excavación no se modificará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en la que aparezca una superficie firme. La Dirección de la Obra puede solicitar modificar la profundidad de excavación si a la vista de las condiciones del terreno, se considere necesario para lograr una cimentación satisfactoria.

Las corrientes o agua pluviales o subterráneas que pudiesen presentarse, se taponarán o desviarán empleando el método más adecuado. Antes de proceder al vertido del hormigón y a la colocación de las armaduras, se dispondrá una capa de hormigón de diez centímetros de espesor debidamente nivelada.

El abono de estas excavaciones se hará en función de los metros cúbicos extraídos, calculados por diferencia de los datos iniciales y finales.

#### 2.3.1.3 Relleno y apisonado de zanjas y pozos

Este apartado trata el vertido y posterior compactación de los materiales empleados para el relleno de las zanjas o pozos formados.

Los materiales de relleno se disponen sobre la superficie en tongadas sucesivas de espesor uniforme. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga el grado de compactación exigido.

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del dos por ciento (2 %). Una vez extendida la tongada, se procederá a la humidificación si se considera necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en la propia obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos pertinentes.

En casos especiales, donde la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, como, por ejemplo, la adición de una mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas como la cal. Una vez lograda la humedad requerida, se procede a la compactación mecánica de la tongada. Sobre las capas formadas, se prohíbe la circulación de todo tipo de tráfico hasta que se completa la compactación.

Al igual que en casos anteriores, el abono de estas operaciones se hará de acuerdo a los metros cúbicos de material que se depositen.

### 2.3.2 Hormigón

Corresponde al Adjudicatario efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación del agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios de puesta en obra que se emplee en cada caso, siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE.

#### 2.3.2.1 Fabricación de hormigón

En la fabricación y puesta en obra del hormigón deberán cumplirse los requisitos generales marcados en la EHE, del Ministerio de Fomento.

Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, al igual que las demás necesarias en la fabricación y puesta en obra, deberán ser sometidas a dicha instrucción.

Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del dos por ciento (2%) para el agua, el cemento y el árido. La consistencia del hormigón admitirá una tolerancia de veinte milímetros medidos en el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de todos los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme.

En la hormigonera deberá existir una placa, en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales no deberán ser superadas.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, éste se cargará con una parte de la cantidad del agua requerida, completándose la dosificación de ésta en un periodo de tiempo que no deberá ser superior a la tercera parte del tiempo de mezclado, contados a partir del

momento en que el cemento y los áridos se introducen en el mezclador. Antes de volver a cargar el equipo, se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigón que fraguase parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos o agua.

La mezcla en obra del hormigón se ejecutará del mismo modo que la señalada para realizada en fábrica.

#### 2.3.2.2 Transporte de hormigón

El transporte del hormigón desde el lugar de preparación hasta la obra se hará lo más rápidamente posible. En ningún caso se tolerará la utilización en obra de hormigón que acusen un principio de fraguado o cualquier otra alteración.

Cuando la fabricación de la mezcla se realiza en una instalación industrial alejada, el transporte deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

#### 2.3.2.3 Puesta en obra del hormigón

Como norma general no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro, quedando prohibido arrojarlo a gran distancia, distribuirlo con rastrillo o hacerlo avanzar más de medio metro en los encofrados.

Al verter hormigón se debe remover eficazmente para asegurar que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en los que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En láminas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor. En vigas, el hormigonado se realiza avanzando desde los extremos, rellenándolas en toda su altura y procurando que no se produzcan segregaciones.

#### 2.3.2.4 Compactación del hormigón

La compactación del hormigón deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones. Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse longitudinalmente en la tongada subyacente, y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlo hacia los lados mientras están dentro de la mezcla.

La aguja se introducirá y retirará lentamente, a velocidad constante, recomendándose que no se superen los 10 cm/s, con cuidado de que la aguja no toque las armaduras.

La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm, y será la adecuada para generar en toda la superficie de la masa una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente.

No se colocará un vibrador a menos de 10 cm de la pared del encofrado.

#### 2.3.2.5 Curado del hormigón

Durante el primer periodo de endurecimiento, se someterá al hormigón a un proceso de curado según el tipo de cemento empleado y las condiciones climatológicas del lugar.

En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisura del elemento hormigonado. Se deben mantener húmedas las mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos similares durante tres (3) días si el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en caso de que el cemento usado tuviese un endurecimiento más lento.

#### 2.3.2.6 Juntas de hormigonado

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción o dilatación, debiendo cumplirse lo especificado en los planos.

Se tendrá en cuenta que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando se teman efectos debidos a retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al retomarse los trabajos se limpiará toda la junta de suciedad o árido que quedase suelto, y se humedecerá toda la superficie sin exceso de agua, vertiéndose a continuación una lechada de cemento antes de aplicar hormigón.

#### 2.3.2.7 Terminación de las superficies

Si no se indica lo contrario, la máxima irregularidad que puedan presentar las superficies planas, medida respecto a una regla de dos metros de longitud aplicada en cualquier dirección será la siguiente:



- Superficies a la vista: seis (6) mm.
- Superficies ocultas: veinticinco (25) mm.

#### 2.3.2.8 Limitaciones de ejecución

El hormigonado se suspenderá, por norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de lluvia en las masas de hormigón fresco o el lavado de superficies. Si esto sucediese, se deberá picar la superficie, humedecerla, y continuar el hormigonado después de aplicar una lechada de cemento.

#### 2.3.2.9 Medición y abono

El hormigón se medirá y abonará en base al metro cúbico realmente vertido en obra, midiendo el volumen contenido entre las caras de las superficies.

En las obras de cimentación que no necesiten encofrado, se medirá éste entre las caras del terreno excavado. En el caso de que el Cuadro de Precios exprese la unidad de hormigón sobre metro cuadrado, como es el caso de los techos, forjados, etc., se medirá esta cantidad en base a los metros cuadrados realmente ejecutados, incluyéndose en la medición todas las desigualdades y aumentos de espesor debido a los cambios de la capa inferior. Si en el Cuadro de Precios se indicase que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por metro cuadrado o metro cúbico. En el precio van siempre incluidos los servicios y costes asociados al curado del hormigón.

#### 2.3.3 Morteros

Se fabricarán los tipos de mortero especificados en las unidades de obra, indicándose cuál ha de emplearse en cada caso para la correcta ejecución de las obras.

##### 2.3.3.1 Fabricación de morteros

Los morteros se fabricarán en seco, continuándose la mezcla después de verter agua en la forma y cantidad fijada, hasta obtener una pasta de aspecto homogéneo, y color y consistencia uniforme.

##### 2.3.3.2 Medición y abono

El mortero es un material auxiliar y, por tanto, su medición va incluida en las unidades a las que sirve: fábrica de ladrillos, pavimentos, etc. En algún caso especial se puede medir la cantidad empleada en metros cúbicos, obteniéndose su precio del correspondiente Cuadro.

#### 2.3.4 Encofrados

Tanto las unidades, como las piezas que constituyen los encofrados, deberán tener la resistencia y rigidez necesarias para que en la marcha prevista del hormigonado y, especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento.

No deben permitir los movimientos locales superiores a cinco (5) mm.

Las uniones de los distintos elementos o planos de los moldes serán sólidas y sencillas, de modo que su montaje se haga con rapidez.

Los moldes ya usados, y que vayan a servir en posteriores operaciones, serán cuidadosamente limpiados y revisados.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, con el fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aberturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas del encofrado deberán permitir el hinchamiento de las mallas por la humedad del hormigón. Sin embargo, no se permitirá la salida de la mezcla durante el hormigonado a través de las juntas.

Los encofrados se medirán siempre por metro cuadrado de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las obras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apoyos necesarios para mantenerlo en una posición correcta y segura contra los esfuerzos del viento, etc.

En este precio se incluyen, además, los desencofrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material.

En el caso de que en el Cuadro de Precios esté incluido el encofrado en el precio del hormigón, se entiende que todos los elementos y operaciones incluidas en este concepto se incluyen en el precio de éste.

#### 2.3.5 Armaduras

Todas las operaciones se efectuarán de acuerdo con los artículos de la EHE.

## Documento IV. Pliego de Condiciones

Las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado, se abonarán en kilogramos realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de longitudes, añadiendo las medidas de los solapes de empalme, medidos en obra, aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos elementos usados.

En ningún caso se abonará más del cinco por ciento (5 %) en peso, bajo el concepto de solapes, del peso medido en plano de toda la armadura.

El precio incluye la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el terreno, la pesada, la limpieza de armaduras y, si es necesario, el doblado de estas, su izado, sustentación y colocación en obra, incluyendo el alambre usado para ataduras y separadores, la pérdida por recortes, y cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

### 2.3.6 Albañilería

#### 2.3.6.1 Ladrillos

Los ladrillos se colocarán según los elementos presentados en el proyecto.

Antes de emplearlos, se humedecerán con agua, debiendo estar sumergidos en agua por lo menos 10 minutos. Salvo especificaciones adicionales, el tendel debe tener un espesor de 10 mm. Todas las hiladas deben quedar perfectamente horizontales y con la cara buena perfectamente plana, vertical y a ras con el resto de los elementos con los que debe coincidir. Para esto se hará uso de las miras necesarias, colocando la cuerda en las divisiones o marcas hechas en las miras.

Salvo indicación adicional, se empleará un mortero de doscientos cincuenta kilogramos (250 kg) de cemento I-35 por metro cúbico de pasta.

Al interrumpir el trabajo, deberá quedar preparado para el día siguiente. Al retomar el trabajo, deberá humedecerse y picarse la superficie del mortero.

Los elementos en ángulo se harán de manera que sea medio ladrillo de un muro contiguo, alternándose las filas.

La medición para el abono de estos trabajos se hará por metro cuadrado, según expresa el Cuadro de Precios. Se descontarán los huecos de las superficies.

#### 2.3.6.2 Enfoscado de cemento

Los enfoscados de cemento se harán con cemento de quinientos cincuenta kilogramos por metro cúbico de pasta, en superficies exteriores, y de quinientos kilogramos por metro cúbico en interiores, empleándose arena de río o barranco lavada para su fabricación.

En todo caso, se limpiará bien la superficie de polvo, y se lavará debiendo estar húmeda antes de extender el mortero. La superficie debe estar en su interior perfectamente seca.

Si el material a cubrir es hormigón, éste se picará y mojará previamente.

Preparada de este modo la superficie, se aplicará con fuerza el mortero sobre una parte de ésta, evitando agregar mortero sobre otra sección ya tratada.

Así, se extenderá una capa que debe ser uniforme a lo largo de toda la superficie.

Sobre esta primera capa aplicada, se extiende una segunda más suave para conseguir una elevada homogeneidad de todo el conjunto. Al comenzar una nueva operación de enfoscado, es necesario que la circundante haya fraguado convenientemente. Sin embargo, sí es conveniente humedecer las juntas para lograr mayor uniformidad.

El acabado de los enfoscados debe quedar áspero para facilitar la adherencia de capas posteriores.

Si las condiciones de temperatura y humedad lo requieren, a juicio de la Dirección de Obra, se humedecerán diariamente los enfoscados, bien durante la ejecución o bien después de terminada, para que el fraguado se complete en buenas condiciones.

#### 2.3.7 Carpintería metálica

Todas las piezas de carpintería metálica deberán ser montadas, necesariamente, por la casa fabricante o por personal autorizado por la misma, siendo el suministrador el responsable del perfecto funcionamiento de todas y cada una de las piezas colocadas en la obra.

Todos los elementos se montarán en locales cerrados y desprovistos de humedad, asentados sobre piezas de madera, procurando que queden bien nivelados y que no haya ninguno que sufra de alabeo o torcedura alguna.

La medición se hará por metro cuadrado de carpintería, medidos entre lados exteriores.

### 2.3.8 Pintura

La superficie que se vaya a pintar debe estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo que se emplearán cepillos, chorreado con arena, ácidos y bases según convenga.

Los poros, grietas, etc., se rellenarán con masilla que deje la superficie lisa y uniforme. Se harán con un pigmento mineral y aceite de linaza, o barniz, y un cuerpo de relleno para las maderas. En los paneles, se empleará yeso amasado con agua de cola, y sobre los metales se utilizará rellenos compuestos del 60-70% de pigmento. Los elementos sólidos como la masilla se aplicarán con espátula, mientras que los líquidos se podrán emplear con brocha o pincel, o con pistola de aire comprimido. Los rellenos, una vez secos, serán lijados para conseguir un acabado homogéneo.

Las pinturas se pueden aplicar con brocha o pincel, con aerógrafo, con pistola (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

Las brochas y pinceles serán de pelo animal, pudiendo ser planos o redondos según sea conveniente. También pueden usarse hechos de nylon.

Los aerógrafos o pistolas constan de un recipiente que contiene pintura con aire a presión (1-6 atmósferas), un compresor y un pulverizador, cuyo orificio de salida varía de los 0,2 hasta los 7 mm, formándose un cono aproximado de 2 cm de diámetro máximo.

La pintura se mide y abona, en general, por metro cuadrado de superficie pintada, efectuándose la medición del siguiente modo:

- La pintura sobre muros, tabiques y techos, descontando los huecos.
- Las molduras se miden por la superficie cubierta.
- La pintura sobre carpintería metálica se medirá por las dos caras, incluyéndose los tapajuntas.
- La pintura sobre las ventanas metálicas, sólo tomándose una cara.

En los respectivos precios se incluye el costo de los materiales y las operaciones necesarias para conseguir un perfecto acabado, incluyendo la preparación, lijado, relleno, etc., y todos los medios auxiliares que sean precisos.

## 2.4 Control de la obra

Los ensayos que se realicen se harán a cuenta del Adjudicatario, a través de una empresa especializada.

En la obra se dispondrá, para la realización del control, de cinta métrica, regla, nivel, plomada, termómetro, cono de Abrams, siete moldes de probetas con chapa y retacador.

La toma de muestras, conservación y rotura, se harán de acuerdo con lo delimitado en las normas UNE-8330084, 8330184 y 8330484.

### 2.4.1 Componentes del hormigón

Se seguirá lo dispuesto en el artículo 63 de la EHE.

### 2.4.2 Hormigón

Se realizarán los ensayos previos y característicos que indica la norma EHE.

Los ensayos de control se realizarán en la modalidad de control estadístico a escala normal. La definición de las partes de la obra se realizará de acuerdo con la Dirección de Obra, a la vista de la planificación del hormigonado, ajustándose en todo momento a lo especificado en el artículo 69 de la EHE.

### 2.4.3 Armaduras

Se realizará el control a nivel normal.

### 2.4.4 Formas y disposición

No se realizará el hormigonado sin la previa autorización de la Dirección de Obra, comprobándose la disposición y diámetro de las armaduras, formas geométricas, estados de las superficies contra las que se hormigonará, etc.

### 2.4.5 Ensayos informativos

La Dirección de Obra se reserva el derecho a exigir al Adjudicatario, cuando se estime oportuno, ensayos informativos.

## 2.5 Instrucción del hormigón estructural

### 2.5.1 Cemento

Antes de empezar con el hormigonado donde se varían las condiciones de aplicación, se ensayarán pruebas físicas, mecánicas y químicas previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas para la recepción de cementos.

Cuando el cemento esté en posesión de un sello o marca de conformidad oficial, no se realizarán dichos ensayos.

Cuando el cemento carezca de este sello, se comprobará por lo menos una vez cada tres meses de obra, como mínimo en tres ocasiones, y cuando lo indique la Dirección, lo siguiente: pérdida de agua, residuo insoluble, principio y fin de fraguado, resistencia a la compresión y estabilidad de volumen.

#### 2.5.2 Agua de amasado

Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes del agua que se empleará, se varían las condiciones de aplicación, o cuando lo estime oportuno la Dirección de Obra, se realizarán los ensayos correspondientes al artículo correspondiente de la EHE.

#### 2.5.3 Áridos

Se aplicarán los ensayos contenidos en la EHE, en los artículos correspondientes a las condiciones fisicoquímicos, físico-mecánicos y granulométricos.

### 2.6 Condiciones de protección contra incendios en los edificios

#### 2.6.1 Condiciones técnicas exigibles a los materiales

Los materiales a emplear en la construcción de la edificación se clasifican en función de los efectos que sufren frente al fuego, de acuerdo a la norma UNE 23-727-90 (Ensayos de reacción al fuego de los materiales usados en construcción), en las clases siguientes, dispuestas por orden creciente a sus grados de inflamabilidad: M0, M1, M2, M3, M4 y M5.

Los fabricantes de materiales que se empleen vistos o como revestimientos o acabados superficiales, deberán acreditar su grado de inflamabilidad mediante certificados de ensayo, realizados en laboratorios oficiales y homologados para ser empleados, cuando sea oportuno.

Aquellos materiales con tratamiento adecuado para mejorar su comportamiento ante el fuego (materiales ignífugos), serán clasificados por un laboratorio oficial y homologado, fijando un certificado o periodo de validez de ignifugación.

Los materiales que sean de difícil sustitución y aquéllos que vayan situados en el exterior, se clasifican con la clase que corresponda al material sin tratamiento ignífugo.

Los materiales cuya combustión o pirólisis produzcan la emisión de gases potencialmente tóxicos, se emplearán en la forma y cantidad que reduzca su efecto nocivo en caso de incendio.

### 2.6.2 Condiciones técnicas exigibles a los elementos constructivos

La resistencia del material ante el fuego queda fijada por un tiempo  $t$ , durante el cual éste es capaz de mantener las condiciones de estabilidad mecánica, aislamiento térmico, estanqueidad a las llamas y ausencia de emisión de gases inflamables, excepto en el caso de las puertas, para las cuales se excluye el mantenimiento de la condición de aislamiento térmico.

La comprobación de las nombradas condiciones para cada elemento constructivo se verificará mediante los ensayos descritos en las siguientes normas:

- UNE-23-093-81: ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción.
- UNE-23-801-79: ensayo de resistencia al fuego de la construcción de vidriados.
- UNE-23-802-79: ensayo de la resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos.

Los elementos constructivos se clasifican mediante la expresión de su condición de resistentes al fuego (FR), así como de su tiempo en minutos, durante el cual mantienen dicha condición.

Los fabricantes de materiales específicamente destinados a proteger o aumentar la resistencia ante el fuego de los elementos constructivos, demostrarán mediante certificados de ensayo las propiedades de comportamiento que figuren en la documentación.

Los fabricantes de otros elementos de construcción que hagan constar en la documentación técnica de los mismos su clasificación a efectos de resistencia ante el fuego deberán justificarlo mediante los certificados de ensayo en los que se basan.

La realización de los ensayos se llevará a cabo en laboratorios homologados y autorizados por la Administración del Estado.



### **3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

#### **3.1 Generalidades**

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Alta (RAT) y Baja Tensión (RBT) e instrucciones técnicas complementarias ITC MI.BT. Asimismo, se adoptarán las diferentes condiciones previstas en las normas:

- NTE-IEP “Instalaciones de Electricidad. Puesta a Tierra”
- NTE-IEP “Instalaciones de Electricidad. Baja Tensión”
- NTE-IEI “Instalaciones de Electricidad. Alumbrado Interior”
- NTE-IEE “Instalaciones de Electricidad. Alumbrado Exterior”
- NTE-IER “Instalaciones de Electricidad. Red Exterior”

Se deberán tener en cuenta los Reglamentos locales. Además, con carácter general se aplicarán las normas UNE en los equipos y materiales a los que se puedan aplicar.

En casos de distintas calidades o interpretaciones de los distintos reglamentos y normas aplicables, se tomará en cuenta la opinión y decisión de la Dirección de Obra.

Todos los equipos y materiales eléctricos se instalarán de acuerdo con las normas de los fabricantes.

#### **3.2 Identificación**

Todos los conductos serán identificados al principio y al final del recorrido, mediante accesorios tipo Unex o similar, en material no corrosivo.

#### **3.3 Conductores**

Las bobinas y rollos de cable se protegerán de todo daño posible durante la obra.

No se introducirán los conductores en los conductos antes de que estos estén perfectamente colocados en su sitio y haya sido previamente comprobado que o existe ninguna obstrucción en su interior.

Los conductores serán tratados con todo cuidado durante la obra para evitar la posibilidad de dañarlos. Se tomarán las medidas necesarias para que los cables no estén sometidos a tensiones excesivas durante su instalación. En cualquier caso, los radios de curvatura de los cables siempre serán superiores a diez veces el diámetro.

Los cables se protegerán de posibles daños mecánicos elevándolos 2,5 metros del nivel se suelo, y alojándolos en el interior de tubos de protección, o bien, en bandeja con tapa de protección.

No se tenderán más de dos capas de cables en las bandejas dispuestas horizontalmente, y cuando estén en vertical, sólo se instalará una capa.

Cuando varios conductores vayan juntos en un tubo, se introducirán todos al mismo tiempo.

Todos los conductores que se empleen serán de cobre y deberán cumplir las Normas UNE 20003, UNE 21022 y UNE 21064. Su aislamiento y cubierta serán de policloruro de vinilo y deberá cumplir la Norma UNE 21029.

El Adjudicatario informará por escrito al Ingeniero Director de la Obra el nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de los mismos. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Ingeniero Director, antes de instalar el molde se comprobarán las características de estos en un laboratorio oficial.

No se admitirán cables que presenten desperfectos superficiales, o que no vayan en las bobinas de origen en las que deberá figurar el nombre del fabricante y tipo de cable y sección.

No se permitirán el empleo de materiales de procedencia distinta en un mismo circuito.

### 3.4 Terminales

Se utilizarán terminales de precisión para la conexión de los conductores a los equipos y barras de distribución.

### 3.5 Instalación de aparatos

Todos los aparatos se instalarán en donde se muestran los planos, quedando completamente preparados para funcionar.

El Adjudicatario de la instalación deberá poseer las instrucciones de los diferentes fabricantes de los equipos y seguirlas ordenadamente.

Cuando los equipos vayan sobre paredes, techos o estructuras, el Adjudicatario realizará todo el trabajo necesario para su fijación.

### 3.6 Cuadros de distribución

Los cuadros serán nivelados y alineados perfectamente en su sitio usando calzos si fuese preciso. Antes de entrar en servicio serán repasadas todas las conexiones y la tornillería, y se limpiarán perfectamente todos los aisladores, etc.

El Adjudicatario realizará todas las conexiones interiores y exteriores que se requieran.

Serán de aleación ligera o de PVC, con índice de protección IP55. Cada caja será identificada con una placa de plástico o baquelita de color negro en el lateral más visible.

### 3.7 Instalaciones de fuerza de alumbrado

El Adjudicatario realizará las conexiones en cajas, aparatos, etc., y serán instalados completamente, incluyendo lámparas, difusores, reactancias, etc., y todos aquellos accesorios que formen parte del montaje.

En la sala de control de la planta, se dispondrá una iluminación a base de luminarias estancas con tubos fluorescentes de 36 W. Esta sala tendrá dos circuitos de acceso utilizando interruptores unipolares de 16A (50% de luminarias cada uno). Para la sala de equipos y el almacén también se emplearán tubos de 36 W.

Las lámparas se instalarán una vez que están perfectamente colocados los aparatos de alumbrado, de acuerdo con los planos y las instrucciones del fabricante. Las cajas de mecanismos no se instalarán hasta conocerse perfectamente el acabado de las paredes en donde ha de alojarse y no se permitirá el paso de conductores hasta que estén bien tomadas.

### 3.8 Equilibrio de fases

Se realizarán las conexiones de receptores de tal manera que el desequilibrio de fases no supere más de un 10%.

### 3.9 Acometida general

El cable cumplirá, además, la normativa particular de la empresa suministradora de energía.

Los conductores estarán aislados para una tensión nominal de 1000 V del tipo UNE DV-0,6/1kV, y sección 35 mm<sup>2</sup>.

### 3.10 Caja de protección

Estará construida en material aislante, autoextinguible, según norma UNE 20234, y será de grado de protección 417, como indica la norma UNE 20305. Será del tipo CGPH de 250 A y contendrá cartuchos y fusibles calibrados de 250 A y neutro seccionable.

### 3.11 Línea de reparto

Será de tipo UNE DV-0,6/1kV, alojada en el interior de una canalización en tubo aislante de PVC, autoextinguible.

Los diámetros de conductor y canalización se fijan en los planos correspondientes.

### 3.12 Contadores

Los módulos serán de material aislante, autoextinguible y de estabilidad térmica de clase A, proporcionando un grado de protección de 413 de acuerdo con la norma UNE 20324.

Serán accesibles por medio de tapa transparente y precintable de las mismas características que los módulos.

### 3.13 Derivaciones individuales

Los conductores serán de tipo rígido de cobre. Se instalarán en el interior de tubos rígidos de PVC, de acuerdo con la Norma MI-BT-019.

Los diámetros de conductores y tubos se fijarán en los planos correspondientes. Cada derivación contendrá las fases, neutro y conductor de protección.

Las cajas de derivación serán aislantes, con tope del mismo material, ajustable a presión o con tornillos y estarán dotadas de huellas de ruptura para el peso de tubos.

### 3.14 Instalación

Los mecanismos, cajas de derivación y pantallas serán de tipo estanco con protección IP-4, contra chorro de agua. La instalación será de superficie y los conductores irán por el interior de tubos rígidos de PVC con diámetros que se reflejan en los planos correspondientes.

### 3.15 Instalación de puesta a tierra

Se realizará por medio de electrodos de tierra de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro de cobre con alma de acero. El conductor de unión de las picas será de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección de acuerdo con la Instrucción MI-BT-039.

Los portes metálicos de los soportes se unirán a dicho conductor mediante soldadura autógena. La línea de enlace de la red con tierra será de 35 mm<sup>2</sup>, que enlazará con la línea principal de tierra de 16 mm<sup>2</sup>.

### 3.16 Inspecciones, pruebas y recepciones

El adjudicatario realizará todas las pruebas y ensayos de circuitos y equipos, así como aquellas que le sean requeridas por parte de la Propiedad, proporcionando la mano de obra y medios necesarios, de acuerdo con el indicado en el presente documento.

En general se incluyen, sin limitarse, las siguientes pruebas y ensayos:

- Pruebas necesarias para retener la garantía de los fabricantes.
- Pruebas de aislamiento fase-fase y fase-tierra de todos los cables.
- Nivel de aislamiento.
- Pruebas de continuidad y medida de la resistencia de la red de tierra y tensiones de paso y contacto.
- Comprobación de polaridades y secuencia de fases.
- Comprobación nocturna del sistema de alumbrado.
- Certificación de todas las pruebas.

En particular, las pruebas de cables se realizarán inmediatamente después de que éstos sean tendidos y antes de efectuar la conexión. El cableado será comprobado en cuanto a la correcta identificación, continuidad y resistencia de aislamiento entre conductores y entre éstos a tierra. Estas pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento se realizarán empleando el equipo para cumplir con los reglamentos aplicables.

## **4 INSTALACIONES MECÁNICAS**

### **4.1 General**

Las prestaciones del Adjudicatario requeridas en esta especificación comprenden los siguientes conceptos:

- Suministro de todos los equipos, con aportación del material de fijación, abarcones, tortillería, juntas y todos los accesorios necesarios para el correcto montaje y funcionamiento, aun cuando no estuviesen expresamente especificados, incluso todos los elementos necesarios para realizar el movimiento de materiales en obra, grúas, andamios, elementos de acceso y protección, y, en general, de todos los equipos auxiliares que se precisen.
- Pintado e identificación según norma UNE 1063 de todos los tramos de tubería y de sus correspondientes soportes y accesorios.
- Pruebas de presión y estanqueidad.
- Revisión y puesta en servicio.
- Confección de los croquis de detalles constructivos y de montaje necesarios, que serán sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra antes de su ejecución.
- Confección del proyecto “as built” de todos los tramos, incluyendo los trazados isométricos, plantas y detalles.
- Tramitación de los permisos necesarios, aportando la documentación oportuna.
- Para la elaboración de la oferta, el Adjudicatario deberá:
- Tener en cuenta todo aquello que considere necesario para la ejecución de la instalación, aunque no se encuentre especificado en detalle.
- Valorar el grado de dificultad de montaje de las diferentes redes, previendo todo tipo de equipos necesarios para su ejecución.
- Identificar in situ el lugar de la obra, con el fin de tener en cuenta en su oferta todo aquello que considere necesario para el desarrollo de la misma, y no se encuentre especificado en detalle.
- Atenerse a las normas de seguridad e higiene en el trabajo establecidas, atendiendo en todo momento las indicaciones que estime oportunas la Propiedad.

- Tomar en consideración que el área que se le adjudique dentro de los terrenos para el almacenamiento de materiales, oficinas y servicios, será de su entera responsabilidad, tanto en cuanto a los materiales allí almacenados, herramientas y equipos de montaje, como a efectos personales y documentación en general.
- Del mismo modo, las casetas de obra para el personal y herramientas serán por su cuenta y deberán ser retiradas al finalizar los trabajos referidos en la oferta realizada.

## 4.2 Materiales

Las especificaciones de los materiales objeto de este Pliego, salvo indicación contraria en los planos, serán las indicadas a continuación.

### 4.2.1 Accesorios

Los accesorios, codos, reducciones, etc., serán según la norma DIN correspondiente, teniendo en cuenta las necesidades de trazado en cada caso. Las juntas serán de los siguientes espesores mínimos y materiales:

- Hasta 2 1/2": Teflón.
- De 2 1/2" a 4": 2 mm metal o plástico.
- De 4" a 12": 3 mm metal o plástico.
- De 12" en adelante: 4 mm metal o plástico.

### 4.2.2 Soportes

Podrán emplearse soportes normalizados de fabricación estándar cuando las condiciones de montaje lo permitan. En los demás casos los soportes se construirán in situ utilizando perfiles angulares, mínimo 60-60-6 mm, o bien perfiles doble T de ala ancha.

Las tuberías aéreas o en galerías se soportarán como máximo cada 8 m para diámetros superiores a 6" y cada 4 m para los demás diámetros, debiéndose prever soportes intermedios adecuados si fuesen necesarios. Los abarcones para la sujeción de tuberías no sometidas a esfuerzos térmicos hasta 4" de diámetro, serán de redondo de acero al carbono con puntas roscadas y sobre tuerca, según DIN-3570. Para diámetros mayores a 4" se usará pletina de acero al carbono a la que se soldarán espárragos de varilla roscada con doble tuerca para su amarre al soporte, DIN-1593.

#### 4.2.3 Recipientes a presión

Los recipientes a presión cumplirán con el Reglamento de Aparatos a Presión, tanto en su dimensionamiento como en su montaje y operación.

### 4.3 Condiciones de ejecución

#### 4.3.1 Tuberías y accesorios

##### 4.3.1.1 Uniones

Las uniones de tuberías se realizarán mediante soldadura a tope o a rosca cilíndrica, según se indique. Los accesorios, codos, tes, reducciones, etc., se unirán también por medio de soldadura a tope.

Las conexiones a válvulas se harán con bridas de cuello según normas ANSI. Las uniones de montaje y desmontaje se harán también con bridas de cuello según normas ANSI.

No se admitirá calentamiento de la tubería que sirva para remediar sobre otros efectos de alineación.

La longitud de tubos suministrados será como mínimo de 8 m, la longitud media no será inferior a 9 m.

- No se admitirán en los tubos:
- Grietas o pliegues de laminado.
- Abolladuras.
- Las rayas, corrosiones que puedan atacar la resistencia mecánica del tubo.
- Las asperezas o escamas internas visibles que no ataquen la resistencia mecánica del tubo, pero susceptibles de serlo durante la explotación.

Todos los codos, tes, válvulas, tubos, etc., deberán estar colocados de forma que se puedan desmontar.

En todos los puntos se podrán apretar o soldar los tornillos de bridas, juntas, etc., con facilidad.

En los lugares en que se coloquen codos o tes, se sujetarán estos a ambos lados, de forma que no puedan ser expulsados.



#### 4.3.1.2 Interferencias de trazado

Para salvar cruzamientos de tuberías de la misma altura, no deberán formarse codos hacia arriba, salvo indicación expresa de la Dirección de Obra.

Cuando deban ponerse dos o más codos en un tramo y montarse de tal manera que se eviten puntos de acumulación de aire, y cuando estos sean inevitables se instalará en ellos un purgador automático.

#### 4.3.1.3 Curvado

Toda tubería de diámetro menor de 1 1/2" irá doblada al frío, respetando la sección circular a lo largo del desarrollo curvado.

Las tuberías de diámetro mayor de 1 1/2" irán mediante curvas de tipo N- 3D (DIN 2605).

Los tubos doblados tendrán un radio de curvatura constante en todos los puntos, estando exentos de pliegues, deformación, variaciones de espesor, etc.

#### 4.3.1.4 Soldadura

La soldadura de los tubos está prevista a tope, no permitiéndose la soldadura a solape. El material necesario para la soldadura al arco será por cuenta del Adjudicatario.

Para la ejecución de las soldaduras si es preciso se exigirá la limpieza interior del tubo metálico por paso de una escobilla. Sus extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado.

El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en su sitio durante el puenteo con la ayuda de un dispositivo apropiado. Preferentemente, ese dispositivo será introducido en el tubo y deberá impedir la ovalización del tubo por expansión de este último. No será tolerada ninguna desnivelización de los bordes superiores a 1,2 mm

El juego entre los tubos deberá ser tal que en la ejecución de la soldadura la fusión del metal de base afecte a todo el espesor de su pared. Los accesos de la soldadura serán librados de toda traza de cuerpos de origen mineral u orgánico.

Ninguna gota de soldadura será tolerada en el interior del tubo.

La penetración de la soldadura será regular, al contrario de las juntas, será de débil volumen y su espesor será tal que la suma de su valor y del de la desnivelización eventual de los

bordes no podrá exceder de 1,6 m. El cordón de metal depositado no llevará huecos o surcos laterales.

Los soldadores que intervengan en los trabajos deberán presentar los certificados de homologación y calificación otorgados por la Autoridad competente. La calificación de los soldadores y la recepción por radiografía de las soldaduras se hace según lo indicado a continuación:

- Falta de penetración: junta soldada no interesando la totalidad del espesor de la pared del tubo. Una longitud máxima de 25 mm de soldadura no penetrada no será admitida más que cuando esté comprendida entre dos cordones reconocidos sin defecto de 150 mm de longitud unitaria.
- Falta de fusión (collage): junta soldada por la cual el metal de base del tubo no ha sido fundido. Una longitud máxima de 25 mm de soldadura no fundida no será admitida más que cuando esté comprendida entre dos cordones reconocidos sin defecto de 150 mm de longitud unitaria.
- Sopladuras: Una longitud máxima acumulada de 25 mm por 100 mm de cordón no será admitida más que si el cordón es reparado por 300 mm de soldadura sin defecto.
- Inclusiones gaseosas: Su longitud será inferior a 3 no serán definidos.
- Inclusiones de escorias: Igual que sopladuras.
- Inclusiones alineadas de escorias: La línea de escoria no podrá tener una longitud máxima de 50 mm y un espesor máximo de 1,5 mm más que si el cordón afectado está comprendido entre dos sopladoras reconocidas sin defecto de 300 mm de longitud mínima unitaria.
- Canales o surcos laterales: Un canal continuo de 4/10 mm no podrá ser tolerado más que si la longitud es superior a 25 mm.
- Cráteres en la superficie del cordón: Su profundidad será inferior a 1/100 mm
- Sobredimensionamiento exterior del cordón: Comprendido entre 1 y 3 mm. • Penetración y falta de alineación: El espesor de estos dos defectos acumulados será inferior a 1,6 mm.

- Fisuras: Prohibidas.

Los defectos mencionados podrán acumularse sobre una longitud máxima de 50 mm a condición de que esta acumulación esté comprendida entre dos soldaduras sin defecto, teniendo una longitud mínima de 300 mm. En ningún caso la longitud total de las combinaciones de defectos podrá exceder del 10 % de la longitud de cordón soldado.

En cuanto a la identificación de soldaduras, el Adjudicatario tendrá en dos ejemplares un cuaderno de soldadura, en el que se indicará:

- El número de soldadura (un mismo número no podrá designar dos soldaduras diferentes).
- El número de fabricación de los tubos.
- El marcado de las soldaduras con relación a marcas bien determinadas.
- El indicativo del soldador que ha ejecutado la soldadura.
- Las características de los electrodos empleados.
- La fecha de ejecución.
- La fecha del examen grammagráfico.
- El indicativo del controlador.
- La fecha y resultados de los ensayos grammagráficos.
- Las longitudes exactas de los elementos tubulares derechos y acortados entre dos soldaduras.

Toda soldadura reconocida defectuosa al examen o a la prueba de estanqueidad indicada más adelante será reparada por cuenta del Adjudicatario.

La reparación se efectuará bien por repetición local del defecto bien por reemplazamiento completo de la soldadura defectuosa.

Cuando la repetición local afecte a la primera pasada (pasada de fondo) serán tomadas todas las precauciones para que la penetración responda a las especificaciones anteriormente citadas.

El reemplazamiento completo de la soldadura definitiva será efectuado por soldadura de un cordón, reemplazando la soldadura quitada.

Cada soldadura sustituida, localmente o en su totalidad, será registrada en el “cuaderno de soldaduras”, siguiendo las especificaciones citadas, más en el caso de una intervención localizada se hará constar también la longitud del cordón reparado y del modo de ejecución.

#### 4.3.1.5 Pruebas de estanqueidad a presión

Una vez terminada de montar una red de un fluido, se procederá a verificar la misma, comprobando el apriete de los tornillos de bridas, que existan todos los tornillos en las bridas y que existan juntas entre ellas. En las uniones roscadas se comprobará la junta de unión (cinta de teflón).

En las válvulas se comprobará su posición correcta, abierta o cerrada según los casos.

Realizada la comprobación anterior, se realizará la prueba de estanqueidad, utilizando para ello agua a temperatura ambiente y a la presión de trabajo durante un período de veinticuatro horas.

Las pruebas de presión de las tuberías deberán efectuarse durante 60 minutos a 1,5 veces la presión normal de trabajo, para lo cual el Adjudicatario deberá prever los elementos necesarios.

Todos los gastos ocasionados por las citadas pruebas correrán por cuenta del Adjudicatario, así como las correcciones que se deban efectuar hasta conseguir los resultados requeridos.

#### 4.3.2 Soportes y estructuras

En este apartado se establecen las condiciones técnicas requeridas para el suministro y montaje de los soportes necesarios para las tuberías objeto de la especificación.

##### 4.3.2.1 Diseño de materiales y fabricación

Los materiales a emplear serán los indicados en los planos.

Todos los materiales de chapa a emplear por el suministrador, deberán venir avalados por certificados de calidad de la siderúrgica.

Los perfiles laminados bastarán con que lleven la marca de calidad impresa en el relieve de laminación.

Todos los materiales de aportación de soldadura vendrán avalados por sus certificados de calidad. Este material será controlado durante los procesos de fabricación y reparación de elementos para comprobar que el material usado es el especificado.

Las tolerancias dimensionales de los productos laminados serán los indicados en la norma UNE 36080.

#### 4.3.2.2 Uniones soldadas

El instalador será totalmente responsable de que el trabajo, tanto mano de obra como ejecución, cumpla las especificaciones requeridas.

Todas las soldaduras se efectuarán por alguno de los siguientes procedimientos:

- Arco manual con electrodo revestido.
- Semiautomática con protección de dióxido de carbono o gas inerte con electrodo macizo.
- Automática con arco sumergido.

El instalador entregará para su aprobación los procedimientos de soldadura a emplear, en los que figurará como mínimo:

- Preparación de bordes.
- Posición.
- Proceso empleado, con indicación de parámetros.
- Características del metal de aportación.
- Secuencia y número de pasadas.
- Temperaturas de precalentamiento y método.
- Tratamiento térmico final, si se aplica.

Las características mecánicas del metal depositado serán como mínimo las indicadas para el material base.

No se permitirá la realización de ninguna soldadura, ni siquiera provisional, a soldadores no homologados.

#### 4.4 Pinturas y aislamiento

##### Tuberías y accesorios

Las tuberías se limpiarán a base de chorreado de arena, grado Sa 2 1/2. Las tuberías de acero al carbono, se tratarán según se indica:

- Limpieza. La superficie exterior de las tuberías, curvas, etc. se limpiarán a base de raspado, cepillado manual con cepillo de acero para dejar la superficie en un grado de acabado correspondiente a St-2 de la norma SIS 055-900.
- Imprimación. Una vez limpia la tubería según el procedimiento indicado anteriormente e inmediatamente después, se le dará a ésta una capa de imprimación de un espesor mínimo de 40 micras de película seca.
- Acabado. A base de dos manos de pintura acrílica, siendo ambas manos de diferentes tonos y con un espesor de 35 micras de película seca cada una.

La señalización de tuberías será según norma UNE 1063.

Las tuberías enterradas en arena lavada se protegerán previo chorreado según grado Sa 2 1/2, con una capa de imprimación de un espesor mínimo de 40 micras de película y doble encintado.

Para las tuberías enterradas en hormigón únicamente se realizará un chorreado según grado Sa 2 1/2.

Las tuberías que sean calorifugadas dispondrán de diferentes espesores de aislamiento en función de los diámetros, según lo especificado. El acabado exterior será mediante envolvente de chapa de aluminio de 0,8 mm de espesor debidamente curvada, soplada, baldonada en sus extremos y fijada mediante tornillos. En los codos o curvas la chapa irá en segmentos independientes, engatillados y atornillados entre sí.

##### 4.4.1 Soportes

Los soportes se tratarán según se indica:

- Limpieza a base de chorreado de arena, grado Sa 2 1/2.
- Imprimación anticorrosiva, con un espesor no inferior a 40 micras, y una capa de fondo al clorocaucho de alto espesor (80 micras).

- Acabado a base de dos manos de pintura acrílica, siendo ambas de diferentes tonos y con un espesor mínimos de 50 micras cada una. El color y los tonos se elegirán de acuerdo con la Propiedad.

#### 4.5 Control de calidad. Inspección y pruebas

##### 4.5.1 Requisitos generales

El Adjudicatario realizará y mantendrá un Plan de Control de Calidad.

El Adjudicatario controlará los documentos, procedimientos e informes relacionados con las calidades de los equipos. La Propiedad o su representante tendrán accesibilidad a estos documentos, procedimientos e informes cuando así lo requiera.

El Adjudicatario identificará, documentará y notificará a la Propiedad todos los incumplimientos o desviaciones de los requisitos de esta especificación.

Al final de los trabajos se entregará a la Propiedad la documentación generada en los trabajos.

##### 4.5.2 Pruebas y ensayos de tuberías

##### 4.5.2.1 Ensayos no destructivos

#### **General**

El Adjudicatario será el responsable de todos los exámenes no destructivos y pruebas de tuberías suministradas bajo esta especificación.

La Propiedad tendrá autoridad para detener el trabajo o retener el envío si los requisitos de la especificación, incluyendo aquellos referentes a la documentación, no han sido cumplidos.

Todos los exámenes no destructivos serán realizados por personal cualificado.

#### **Soldaduras a ser examinadas**

La tubería igual o superior a 2” será radiografiada en su soldadura en un 5 %. Si el índice de rechazo fuese superior al 10 % de las soldaduras inspeccionadas, se supervisará el 100 %. Además, serán también radiografiadas las soldaduras que estando incluidas en líneas con prueba de presión no puedan ser sometidas a ella.

## Documento IV. Pliego de Condiciones

En las soldaduras que no van a ser examinadas volumétricamente y cuya ejecución se realice saneando de raíz, se controlará el correcto saneado por medio de un examen de líquidos penetrantes.

Todas las reparaciones por soldaduras serán examinadas por líquidos penetrantes o partículas magnéticas. Las reparaciones importantes en tuberías serán radiografiadas.

En aquellas soldaduras que no se realicen radiografías se aplicará la inspección por líquidos penetrantes.

### **Procedimientos de examen**

#### **I. Examen radiográfico**

Los procedimientos y las normas de aceptación estarán de acuerdo con el código ASME, sección V.

La interpretación final de la película y la aceptación o rechazo de la película y las soldaduras será efectuada por la Propiedad. El Adjudicatario inspeccionará y aceptará la película y las soldaduras antes de someterlas a supervisión de la Propiedad.

La densidad aceptable de la película a través del metal de soldadura será de 2,0 a 3,8 para revisión sencilla. Se utilizará la técnica radiografiada de visión sencilla película doble.

Para la radiografía de tuberías se colocará un cinturón numerado sobre la tubería para localizar sus defectos. El cinturón constará de números de plomo entre 6,4 y 12,7 mm de alto, e irán espaciados exactamente 24,5 mm para los tamaños de tubería de 2 1/2" a 8". El cinturón empezará con (0) y circundará la tubería.

La dirección de los números quedará permanentemente identificada sobre la tubería.

No se efectuarán agujeros en las tuberías para las radiografías sin la aprobación por escrito de la Propiedad.

#### **II. Examen por líquidos penetrantes**

Los procedimientos y las normas de aceptación estarán de acuerdo con el código ASME. No se permitirá el uso de líquidos penetrantes eliminables por agua.

### **Mediciones de espesor de la pared**



Se realizará un mínimo de cuatro mediciones de grosor de la pared, distanciadas entre sí a 90° sobre los extremos de todas las tuberías y accesorios o según lo requiera la Propiedad cuando el espesor de la pared se especifique por la pared mínima de la Lista de Línea.

La aceptación de la tubería y accesorios se basará en la pared mínima especificada más la tolerancia de medición.

Las mediciones de espesor y su situación se reflejarán en su informe y una copia de este será enviada a la Propiedad para su aprobación.

#### 4.5.3 Pruebas hidrostáticas

Después de la instalación, todos los conjuntos fabricados serán sometidos a una prueba hidrostática de acuerdo con el código ASME.

El Adjudicatario garantizará su trabajo como capaz de resistir dicha prueba.

##### 4.5.3.1 Inspección y prueba en soporte

#### **Inspección en soldaduras**

El Adjudicatario realizará la inspección de las soldaduras de acuerdo con la presente especificación, cuyo alcance será el indicado en el apartado.

Las soldaduras se inspeccionarán visualmente al 100%. Además, se inspeccionarán mediante muestreo el 5% con líquidos penetrantes o, como alternativa, con partículas magnéticas.

Cuando la inspección mediante muestreo detecte que la soldadura correspondiente no cumple los requisitos de calidad mínimos, se efectuará una inspección de una muestra adicional del 10% mediante radiografiado. Esta muestra a examinar adicionalmente será la seleccionada por la Propiedad.

Si la inspección adicional revela que la soldadura cumple los requisitos mínimos de calidad de esta especificación, se repararán los defectos anteriormente detectados y se considerarán aceptables las soldaduras.

Si la muestra adicional examinada revela que la soldadura no cumple con los requisitos mínimos de calidad de esta especificación se inspeccionará totalmente el resto de las soldaduras mediante radiografiado, y la soldadura que no cumpla con las normas de aceptación será eliminada, soldada e inspeccionada de nuevo.

#### **Inspección radiográfica**

### Procedimiento

El examen radiográfico se efectuará de acuerdo con el artículo 2° de la subsección A, sección V del código ASME y empleando la técnica radiográfica especificada en la SE- 94.

La densidad de la película deberá estar de acuerdo con lo indicado en el subartículo 234 de la sección V del código ASME.

### Criterios de aceptación

Serán inaceptables los siguientes defectos:

- Toda grieta, falta de fusión o falta de penetración, cualquiera que sea su longitud.
- Toda porosidad por encima de la aceptada en el apéndice IV sección VIII del código ASME.
- Todo grupo de indicaciones en línea cuya suma de longitudes sea mayor que T en una longitud 12T y la distancia entre dos indicaciones contiguas sea menor de 6L, siendo T el espesor de la soldadura y L la longitud más larga del grupo.
- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de (siendo T el espesor de la soldadura): o 6 mm para  $T \leq 19$  mm
  - $1/3 T$  para  $16 \leq T \leq 57$  mm
  - 19 mm para  $T > 57$  mm

## **Inspecciones para líquidos penetrantes**

### Procedimiento

Se hará de acuerdo con el artículo 6° de la sección V del código ASME siguiendo las recomendaciones del fabricante de los líquidos penetrantes empleados en la inspección.

### Criterios de aplicación

Serán inaceptables los siguientes defectos:

- Indicaciones redondas de tamaño superior a 5 mm.
- Toda grieta, cualquiera que sea su longitud.

- Cuatro o más indicaciones redondas en línea, separadas entre sí menos de 1,5 mm de borde a borde.
- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de 1,5 mm.

### **Inspección con partículas magnéticas**

#### Procedimiento

Se hará de acuerdo con el artículo 7º de la sección V del código ASME empleando el método más idóneo según la geometría de la pieza.

#### Criterios de aplicación

Serán los mismos que en el caso de la inspección con líquidos penetrantes.

### **Inspección visual**

#### Criterios de aceptación

Se considerarán defectuosos y deberán ser reparados mediante esmerilado los cordones de soldadura a tope que presenten sobreespesores superiores a los indicados:

- Espesor de la chapa Hasta 25 mm.
- Máximo sobreespesor 2,4 mm.

Asimismo, deberán ser reparados los cordones de soldaduras que presenten mordeduras de profundidad superior a 0,8 mm.

#### 4.5.3.2 Reparación de soldaduras

En caso de duda sobre la bondad de una soldadura, la Propiedad podrá realizar por su cuenta inspecciones de nivel superior. Si dichas inspecciones demostrasen que las soldaduras son inaceptables, el costo de estas y su reparación serán por cuenta del Adjudicatario.

Todas las reparaciones de soldadura se efectuarán de acuerdo con los procedimientos aprobados y se supervisarán según los métodos especificados.

#### 4.5.4 Control dimensional

En caso de duda sobre la bondad de una soldadura, la Propiedad podrá realizar por su cuenta inspecciones de nivel superior. Si dichas inspecciones demostrasen que las soldaduras son inaceptables, el costo de estas y su reparación serán por cuenta del Adjudicatario.

Todas las reparaciones de soldadura se efectuarán de acuerdo con los procedimientos aprobados y se supervisarán según los métodos especificados.

## **5 DOCUMENTACIÓN**

Todos los documentos requeridos a lo largo del presente Pliego, forman parte inseparable del proyecto.

Todos serán realizados en español y adoptarán el Sistema Internacional (S.I.) de unidades.

Formarán parte de este apartado como mínimo los siguientes documentos:

- Modificación o complemento a los proyectos existentes para permisos oficiales de Unión Eléctrica Fenosa y Delegación de Industria para la instalación de Baja Tensión y demás elementos de la instalación eléctrica.
- Planos de disposición: representarán los equipos en detalle y perfectamente acotados.
- Plano de detalle de montaje: representarán todos los detalles necesarios para la correcta ejecución del montaje de los equipos.
- Lista de materiales: deberá reflejar todos los datos necesarios sobre las diferentes partes del equipo susceptibles de ser repuestas.
- Lista de planos: consistirá en una relación del conjunto de planos, número de hojas, título y número de la última revisión.
- Instrucciones de montaje.
- Instrucciones de servicio.
- Instrucciones de mantenimiento.

## 6 EQUIPOS

### 6.1 Lista de equipos

La instalación implantada para la producción de paracetamol comprende los equipos incluidos en la tabla 1. En dicha tabla se incorpora además, para los equipos los cuales funcionan en discontinuo en períodos de batch de 8 horas, el tiempo de carga y descarga orientativos.

*Tabla 1 Lista de equipos en la planta*

<b>Equipos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Operación</b>	<b>t carga</b>	<b>t descarga</b>
<b>R-201</b>	Reactor de nitración	Discontinuo	3,5 horas	3,5 horas
<b>R-202</b>	Rector térmico	Discontinuo	0,5 horas	3,5 horas
<b>CT-202</b>	Centrifugadora	Discontinuo	3,5 horas	1,5 horas
<b>V-301</b>	Tanque de almacenamiento intermedio		1,5 horas	
<b>T-301</b>	Columna de destilación	Continuo		
<b>E-301 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>V-302</b>	Depósito de reflujo	Continuo		
<b>P-301 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-302 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>E-302 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>P-303 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-304 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>V-303</b>	Tanque de almacenamiento			3,5 horas
<b>T-302</b>	Columna de destilación	Continuo		
<b>E-303 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>V-304</b>	Depósito de reflujo	Continuo		
<b>P-305 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-306 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>E-304 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>P-307 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-308 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>V-305</b>	Tanque de almacenamiento			3,5 horas

<b>T-303</b>	Columna de destilación	Continuo		
<b>E-305 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>V-306</b>	Depósito de reflujo	Continuo		
<b>P-309 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-310 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>E-306 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>P-311 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-312 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>V-307</b>	Tanque de almacenamiento			1 hora
<b>E-401 A/B</b>	Intercambiador de calor			1,5 horas
<b>V-401</b>	Tanque de mezcla	Discontinuo	1,5 horas	1,5 horas
<b>V-402</b>	Tanque de almacenamiento intermedio		1,5 horas	
<b>T-401</b>	Columna de destilación	Continuo		
<b>E-402 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>V-403</b>	Tanque de almacenamiento intermedio			2 horas
<b>V-404</b>	Tanque de mezcla	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>D-401</b>	Decantador	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>V-405</b>	Tanque de mezcla	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>D-402</b>	Decantador	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>C-401</b>	Cristalizador	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>CT-401</b>	Centrifugadora	Discontinuo	2 horas	1 hora
<b>V-406</b>	Tanque de almacenamiento intermedio	Discontinuo	1 hora	2 horas
<b>R-501</b>	Reactor de hidrogenación	Discontinuo	2 horas	2 horas
<b>F-501</b>	Filtro prensa	Discontinuo	2 horas	2,5 horas
<b>V-501</b>	Tanque			2 horas
<b>V-502</b>	Tanque de almacenamiento		1 hora	3,5 horas
<b>E-501 A/B</b>	Intercambiador de calor	Discontinuo	2,5 horas	1 hora
<b>E-502 A/B</b>	Intercambiador de calor		3,5 horas	3,5 horas
<b>V-601</b>	Tanque		3,5 horas	
<b>T-601</b>	Columna de destilación	Continuo		

<b>E-601 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>V-602</b>	Depósito de reflujo	Continuo		
<b>P-601 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-602 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>E-602 A/B</b>	Intercambiador de calor	Continuo		
<b>P-603 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>P-604 A/B</b>	Bomba	Continuo		
<b>V-603</b>	Tanque			2 horas
<b>R-701</b>	Reactor de acetilación	Discontinuo	1 hora	2 horas
<b>C-701</b>	Cristalizador	Discontinuo	2 horas	1,5 hora
<b>F-701</b>	Filtro prensa	Discontinuo	1,5 hora	1 hora
<b>V-801</b>	Tanque de mezcla	Discontinuo	1 hora	1 hora
<b>F-801</b>	Filtro prensa	Discontinuo	1 hora	1 hora
<b>C-801</b>	Cristalizador	Discontinuo	1 hora	1,5 horas
<b>F-802</b>	Filtro prensa	Discontinuo	1,5 horas	1 hora



## 6.2 Especificaciones de los equipos diseñados

Tabla 2 Especificaciones de los equipos diseñados

<b>Reactor R-501</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Masa de catalizador (kg)	380,78
Volumen de reacción (m <sup>3</sup> )	30
Tiempo de reacción (h)	2
Temperatura de reacción (°C)	80
Temperatura de entrada del fluido refrigerante (°C)	10
Temperatura de salida del fluido refrigerante (°C)	50
H (m)	3,8
D <sub>i,tanque</sub> (m)	3,5
Espesor del tanque (m)	0,0707
D <sub>i,tubos</sub> (m)	0,1282
D <sub>serpentín</sub> (m)	3,15
Longitud del serpentín (m)	160
Espesor del serpentín (m)	0,00655
Vueltas del serpentín	16
Longitud deflectores (m)	0,35
Tipo de cabezal	Hemisférico
Espesor del cabezal	0,0337
Agitación necesaria (rpm)	26
Material	Acero inoxidable
<b>Reactor R-701</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Volumen de reacción (m <sup>3</sup> )	8,46
Tiempo de reacción (h)	1,25
Temperatura de reacción (°C)	80
Temperatura de entrada del fluido refrigerante (°C)	10
Temperatura de salida del fluido refrigerante (°C)	50

H (m)	3,6
Di,tanque (m)	2
Espesor del tanque (m)	0,0035
Di,tubos (m)	0,1282
Dserpentín (m)	1,8
Longitud del serpentín (m)	152
Espesor del serpentín (m)	0,00655
Vueltas del serpentín	26
Longitud deflectores (m)	0,2
Tipo de cabezales	Toriesférico
Espesor del cabezal (m)	0,004 m
Material	Acero inoxidable

#### Cristalizador C-701

Parámetro	Valor
Volumen (m3)	9
Tiempo de cristalización (h)	4,25
Temperatura de cristalización (°C)	35
Temperatura de entrada del fluido refrigerante (°C)	25
Temperatura de salida del fluido refrigerante (°C)	30
H (m)	2,32
Di,tanque (m)	2,25
Espesor del tanque (m)	0,0035
Di,tubos (m)	0,0779
Dserpentín (m)	2
Longitud del serpentín (m)	34,75
Espesor del serpentín (m)	0,00549
Vueltas del serpentín	6
Cabezal superior	Toriesférico
Espesor del cabezal superior (m)	0,0038 m
Cabezal inferior	Cónico

Espesor del cabezal superior (m)	0,0042
Material	Acero inoxidable
<b>Cristalizador C-801</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Volumen (m <sup>3</sup> )	13,8
Tiempo de cristalización (h)	4,3
Temperatura de cristalización (°C)	30
Temperatura de entrada del fluido refrigerante (°C)	25
Temperatura de salida del fluido refrigerante (°C)	29
H (m)	2,8
Di,tanque (m)	2,6
Espesor del tanque (m)	0,0035
Di,tubos (m)	0,0901
Dserpentín (m)	2,3
Longitud del serpentín (m)	89
Espesor del serpentín (m)	0,00574
Vueltas del serpentín	12
Cabezal superior	Toriesférico
Espesor del cabezal superior (m)	0,0043 m
Cabezal inferior	Cónico
Espesor del cabezal superior (m)	0,0045
Material	Acero inoxidable

**DOCUMENTO V**  
**ESTUDIOS CON ENTIDAD**  
**PROPIA**

## 0 ÍNDICE

0	ÍNDICE .....	1
1	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	3
1.1	Resumen del estudio.....	3
1.2	Descripción del proyecto.....	3
1.3	Análisis de alternativas viable.....	6
1.3.1	Justificación de la ubicación .....	6
1.3.2	Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas .....	6
1.3.3	Consideraciones a tener en cuenta en el diseño .....	6
1.3.4	Mejores técnicas disponibles .....	8
1.4	Inventario ambiental e identificación de impactos .....	10
1.4.1	Aspectos físicos y biológicos.....	10
1.4.2	Riesgos y molestias inducidas debidas al ruido.....	12
1.4.3	Aspectos estético-culturales.....	13
1.4.4	Aspectos socioeconómicos. ....	13
1.4.5	Identificación de impactos .....	13
1.5	Medidas para reducir los impactos .....	15
1.5.1	Medidas preventivas de carácter general .....	15
1.5.2	Medidas preventivas para minimizar el impacto atmosférico .....	16
1.5.3	Medidas para minimizar impactos sobre el suelo y el agua.....	17
1.5.4	Sustancias peligrosas .....	17
1.5.5	Medidas para minimizar el impacto por ruido.....	17
1.5.6	Medidas para evitar accidentes .....	18
1.5.7	Medidas para evitar explosiones e incendios.....	20
1.5.8	Medidas para la reducción del impacto visual.....	20
1.5.9	Medidas para la prevención del impacto social .....	20

1.5.10	Desmantelamiento de la instalación .....	21
1.5.11	Matriz de impactos .....	22
1.6	Programa de vigilancia ambiental .....	24
1.6.1	Descripción general .....	24
1.6.2	Actividades de seguimiento .....	25
1.7	Resumen del estudio.....	28
2	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	30
2.1	Antecedentes y objetivo .....	30
2.2	Características de la obra.....	30
2.2.1	Puesta en marcha, documentación y trámites administrativos previos.....	30
2.2.2	Proceso de construcción de la planta .....	31
2.3	Identificación, análisis y medidas de prevención de los riesgos en la fase de obra	33
2.3.1	Medidas de prevención generales.....	33
2.3.2	Sistemas de protección colectiva .....	34
2.3.3	Medios de protección individual.....	39
2.3.4	Señalización .....	42
2.4	Normas de Actuación Preventiva .....	45
2.4.1	Medidas generales y planificación.....	45
2.5	Control de seguridad en la fase de obra .....	45
2.5.1	Coordinador de seguridad y salud .....	45
2.5.2	Comité de Seguridad e Higiene .....	45
2.5.3	Vigilante de seguridad .....	46
2.5.4	Parte de accidentes y deficiencias.....	46
2.5.5	Libro de incidencias.....	47
2.5.6	Conclusiones.....	47

# 1 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

## 1.1 Resumen del estudio

Este Estudio de Impacto Ambiental, correspondiente al proyecto de la planta de producción de paracetamol, tiene la finalidad de proporcionar información técnica al órgano ambiental competente acerca de los impactos que suponen la construcción y el funcionamiento de la planta.

En este estudio se realiza una descripción breve del proyecto y del proceso de producción instalado en la planta, así como los objetivos a cumplir. Se tiene en cuenta la aplicación para cada caso de las mejores técnicas disponibles (MTD) para llevarlo a cabo. El siguiente paso es la realización del inventario ambiental, en el cual se incluyen las diferentes corrientes emitidas al medio por el proceso tanto en operación normal como en situaciones excepcionales.

En la siguiente sección se realiza un análisis pormenorizado de los impactos que se podrían producir, así como las medidas preventivas o mitigadoras para minimizarlos. Finalmente, se elabora un Programa de Vigilancia Ambiental en el que se recogen los mecanismos de control que se deben seguir para controlar cada uno de los impactos.

La elaboración de este Estudio de Impacto Ambiental se rige por la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, en la que se recoge la necesidad de realizar el estudio para esta planta por englobarse dentro del grupo 5 (Industria química, petroquímica y textil) presentado en el anexo I. El documento debe contener, según el artículo 45 de esta Ley:

*“Una evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.”*

## 1.2 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una planta de producción de paracetamol para la obtención de 5.000 toneladas anuales a partir de fenol, funcionando de forma discontinua 330 días al año, y las 24 horas del día, realizando un proceso batch de 8 horas de duración.

El proceso consta de diferentes etapas, enumeradas a continuación:

- Reacción de nitración de fenol: en esta primera reacción intervienen el fenol, el ácido nítrico y el ácido nitroso, en un medio formado por ácido sulfúrico.

El reactor opera de forma semicontinua, donde el ácido nítrico, el ácido sulfúrico y el ácido nitroso son cargados previamente en el reactor y a continuación el fenol es alimentado de forma continua durante los 60 minutos que dura la reacción. El reactor trabaja de forma isotérmica a 20 °C y a una presión de 5 bar para facilitar, una vez terminada la reacción, la remoción descomposición de ácido nítrico en tetraóxido de dinitrógeno. Finalizada la reacción, mientras se retiran los gases por la zona superior, el para-nitrofenol precipita en el propio reactor, y se separa a continuación en una centrifugadora.

- Recuperación de los reactivos: se dispone de una sección de recuperación de fenol, ácido nítrico y ácido sulfúrico donde se encuentran tres columnas de destilación, y que funciona de forma continua.
- Purificación del para-nitrofenol: esta sección comienza con la disolución en agua de la mezcla de orto y para-nitrofenol procedentes de la sección de reacción. Para la purificación de ambos compuestos se comienza realizando una destilación por arrastre de vapor, que permite una primera separación empleando temperaturas más bajas de las habituales en una destilación normal, y a continuación e dispone de dos decantaciones en las que se separa completamente el isómero orto así como otras impurezas del para-nitrofenol, que es almacenado a espera de intervenir en la siguiente etapa de reacción.
- Reacción de hidrogenación de para-nitrofenol: en esta reacción intervienen como reactivos el para-nitrofenol procedente del área de purificación e hidrógeno. La reacción es catalizada por platino sobre carbono, y se desarrolla en un medio formado por etanol, elegido porque el para-nitrofenol es más soluble que si se emplea agua.

El para-nitrofenol y el etanol se cargan en el reactor y se lleva la mezcla hasta los 80°C. En este punto se comienza la introducción de hidrógeno a la mezcla. Una vez terminada la reacción, se retiran los gases por la zona superior del tanque, y la mezcla líquida, conteniendo el para-aminofenol, se envía a un filtro para retirar el catalizador.

- Recuperación del disolvente: el etanol es separado de la corriente principal mediante evaporación, y a continuación se purifica en una columna de destilación funcionando de forma continua, para volver a ser empleado como medio de reacción en la hidrogenación del para-nitrofenol.



- Reacción de acetilación: se emplea anhídrido acético que reacciona con el para-aminofenol para dar lugar a ácido acético y paracetamol. La reacción se desarrolla a 85°C y la reacción dura 60 minutos, y una vez terminada el paracetamol es cristalizado en un cristalizador separado del reactor.
- Purificación del paracetamol: En esta zona los cristales de paracetamol obtenidos en la etapa anterior son disueltos en agua, junto con hidróxido amónico para realizar un ajuste del pH, y con partículas de negro de carbón para retirar las impurezas de la mezcla. La fase líquida es cristalizada de nuevo para obtener el producto final.

En cuanto a los recursos consumidos por la planta se encuentran materias primas como el fenol, ácido nítrico, ácido sulfúrico, bisulfito sódico, óxidos de nitrógeno, orto y para-nitrofenol, etanol, hidrógeno, para-aminofenol y anhídrido acético como materias primas. Para la refrigeración y calentamiento se emplea agua de calderas y agua de refrigeración. Se necesitan otros recursos como nitrógeno para la inertización de equipos, agua de limpieza, electricidad o aire.

Los principales efectos ambientales generados por la instalación son causados por:

- Emisión de gases: el foco principal de emisión de gases es el reactor de hidrogenación durante la obtención de para-aminofenol. Estos gases pueden ser quemados en antorcha o enviados a la atmósfera previo paso por los equipos de filtración.
- Aguas residuales: las emisiones líquidas del proceso provienen de las salidas de las columnas de destilación en las dos secciones de separación diseñadas, así como de las diferentes filtraciones y decantaciones en el proceso, donde se separa el medio acuoso del nitrofenol o el paracetamol. El efluente puede contener cierta cantidad de etanol no recuperado, así como trazas de fenol y ácido nítrico, así como una pequeña cantidad de ácido sulfúrico para la sección de recuperación de los reactivos de la nitración. Estas corrientes deben ser tratadas en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) previamente a su vertido al medio.
- Residuos: según su naturaleza se clasifican en peligrosos y no peligrosos. De forma general los residuos peligrosos proceden del proceso productivo y se corresponden con materiales en contacto con algún compuesto tóxico que interviene en el proceso, como el catalizador. El resto pueden ser clasificados con residuos no peligrosos. Estos proceden de reformas o mejoras en la planta, así como los residuos sólidos urbanos generados en esta.

- Ruidos: los ruidos proceden principalmente de los equipos mecánicos de la planta.

### 1.3 Análisis de alternativas viable

#### 1.3.1 Justificación de la ubicación

La ubicación elegida para la instalación de producción de paracetamol es en el polígono industrial de Constantí, en el ayuntamiento de Constantí, en la provincia de Tarragona. La elección de dicho emplazamiento es la proximidad a otras plantas que emplean el paracetamol como materia prima, localizadas principalmente en la comunidad autónoma de Cataluña, así como la buena conexión tanto por mar como por tierra y aire con posible proveedores y compradores.

#### 1.3.2 Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas

Las técnicas utilizadas en la planta para reducir su impacto ambiental son diseñadas según los criterios establecidos como Mejores Técnicas Disponibles (MTD) en los documentos BREF (Best Available Techniques Reference Document), publicados por la Unión Europea. Estos documentos recogen soluciones tecnológicas que se deben adoptar en la instalación para cumplir con los requerimientos medioambientales. En la planta de producción de paracetamol diseñada puede aplicarse de forma general el documento en relación a la química orgánica fina, entre la que se engloban los productos farmacéuticos (Oficina Europea de IPPC, 2006). En este documento se engloban las técnicas a emplear en la mayor parte de instalaciones de este tipo, que normalmente funcionan de forma discontinua, con operaciones de separación entre sólidos y líquidos y aunque es este documento no se trata el proceso productivo del paracetamol a partir de fenol, si que se encuentran indicaciones acerca de la nitración del fenol, así como la reducción del nitrofenol catalizada con hidrógeno.

#### 1.3.3 Consideraciones a tener en cuenta en el diseño

Las materias primas se suministran normalmente empleando camión o ferrocarril. Además, en caso de ser necesario, se puede disponer de barcos o de transporte aéreo gracias a la cercanía al puerto de Tarragona y al aeropuerto de Reus. El almacenamiento más destacable es el de hidrógeno, que es guardado en tanques en estado líquido, por lo que son recipientes que operan a 21 K, y una presión de operación e 0,15 MPa. Son tanques aislados con una doble pared, con perlita relleno el espacio intermedio entre ambas, y el material de construcción suele ser aluminio debido a su menor precio, o acero austenítico de la serie 300.

El almacenamiento de fenol, la otra gran materia prima de la planta, se debe realizar en un área bien ventilada, alejada de la luz del sol, y los tanques deben presentar un sistema de

recuperación de vapores. Es recomendable un aislamiento de nitrógeno. El materiales recomendado para los mismos es acero inoxidable. Por otra parte se encuentran los disolventes, como el etanol, que debe ser almacenado en recipientes de metal recubiertos de una resina fenólica, y el ácido sulfúrico, que puede ser almacenado en tanques a presión atmosférica.

En el caso de los reactores, en el primero de los mismos se lleva a cabo una reacción de nitración de fenol en fase líquida. Es una reacción exotérmica y con una alta tasa de rendimiento. Se obtiene así un compuesto aromático nitrado, en este caso una mezcla de isómeros como el orto y el para-nitrofenol. Como se indica en el documento consultado, la secuencia habitual de operación incluye el empleo de ácido sulfúrico como disolvente, y tras la nitración se suele llevar a cabo una precipitación del compuesto deseado, una filtración del mismo, que posteriormente es lavado con agua. El medio de reacción es recuperado mediante destilación como líquido. En este proceso se generan óxidos de nitrógeno, pero son recuperados en agua para la obtención de ácido nitrosos, que es posteriormente empleado de nuevo como materia prima en la reacción.

La segunda reacción es una reducción catalítica del para-nitrofenol empleado hidrógeno. Es a su vez una reacción muy exotérmica, en la que por seguridad se debe controlar la presión parcial del hidrógeno, así como la concentración de los reactivos, la temperatura y la actividad del catalizador. En este caso se emplea un medio de reacción formado por etanol, y el catalizador escogido es de platino sobre carbono activado. La mayor parte de compuestos nitrogenados son hidrogenados en fase líquida, donde la temperatura es limitada por la hidrogenación del anillo aromático, y se suelen emplear temperaturas entre los 20 y 70 °C para compuestos sensibles, y presiones de hasta 50 bar.

En esta etapa de hidrogenación se encuentra la principal corriente gaseosa del proceso. Se suele emplear el hidrógeno para evitar el uso de otros reductores que empleados en cantidades estequiométricas generarían gran cantidad de residuos líquidos, como puede ser el acero. Esto conlleva que sea necesario emplear un catalizador sólido, y que los costes de los equipos sean mayores a los equipos convencionales, aunque mejoran la selectividad de la reacción, así como la eficiencia de los productos muy notablemente.

La última reacción es la de acetilación de para-aminofenol. Como se indica en el documento BREF consultado, se suele emplear como agente para este tipo de reacciones el anhídrido acético. La secuencia de operación en estos casos comienza con la acetilación, a continuación, se cristaliza el compuesto generado, en este caso el paracetamol, y por último se filtran los cristales para separarlos de la fase líquida formada por agua, ácido acético generado en la reacción, y los reactivos no consumidos.

#### 1.3.4 Mejores técnicas disponibles

##### 1.3.4.1 Emisiones gaseosas

Las posibles emisiones gaseosas del proceso consisten principalmente en el hidrógeno empleado en la reducción de para-nitrofenol, y otras emisiones puntuales, que pueden ser llevadas a antorcha o enviadas a un quemador o planta de energía para su aprovechamiento como combustible.

Las emisiones gaseosas del reactor de hidrogenación consisten principalmente en el hidrógeno no reaccionado, aunque puede aparecer etanol en estas. Este tipo de emisiones no es recomendable enviarlas a una estación de oxidación térmica a efectos de seguridad en la planta y al potencial efecto negativo sobre los equipos de proceso.

Otras posibles emisiones líquidas se pueden dar de manera puntual, procedentes del venteo de equipos como las columnas de destilación o los tanques de almacenamiento. Para este tipo de emisiones se emplea como mejor técnica disponible la instalación de una antorcha que permita convertir los compuestos combustibles en productos de combustión. Se evitara el envío a la antorcha de sustancias que puedan ocasionar la formación de compuestos orgánicos volátiles, puesto que ocasionarían daños tanto a los seres vivos como al medio ambiente.

Para cualquier otro tipo de emisión, que se pueda deber a una contención inadecuada del proceso, se debe controlar que no supere en ningún momento los valores límites de exposición (VLE) para los trabajadores de la planta.

##### 1.3.4.2 Emisiones líquidas

Los efluentes líquidos del proceso de producción de paracetamol son los siguientes:

- Corriente de cabezas de la columna C-303.
- Corriente de colas de la columna C-601.
- Corriente de cabezas de la columna C-401.
- Corriente de salida de los decantadores D-401 y D-402.
- Corriente de salida de los filtros y centrífugas CT-401, F-701 y F-802.

En las corrientes de salida de las columnas se debe maximizar la separación del agua del resto de componentes de la mezcla, o lo que es lo mismo, se deben optimizar las condiciones de operación. En el caso de las corrientes de salida de los filtros y los decantadores, se paran una fase acuosa con una concentración de agua muy elevada. En estos casos, se debe trasladar el agua a una estación depuradora de aguas residuales con tratamiento biológico.

#### 1.3.4.3 Emisiones sólidas

En el proceso de producción de paracetamol se emplean como elementos sólidos que generan residuos el catalizador Pt/C y el negro de carbono, que una vez su actividad se ve reducida, deben ser recogidos por un gestor externo que se encargará de su tratamiento para la recuperación de estos.

#### 1.3.4.4 Emisiones de ruido y vibraciones

La maquinaria pesada, así como el compresor de hidrógeno y demás equipo mecánico puede generar emisiones de ruido y vibraciones.

## 1.4 Inventario ambiental e identificación de impactos

En este apartado se identificarán los impactos que la instalación en la planta podría tener en su entorno. Para ello se describirán todas las condiciones de la zona de estudio y se observará en cuales de ellas puede interferir la implantación de la instalación.

Para llevar a cabo este estudio, se deben analizar multitud de factores, entre los que se encuentran factores biológicos, físicos, molestias, impacto visual o impacto socioeconómico.

### 1.4.1 Aspectos físicos y biológicos

#### 1.4.1.1 Clima

El estudio de las características climáticas del lugar permite conocer los demás factores del medio, puesto que la fauna, la flora y el tipo de suelo dependerán en gran parte de las condiciones climáticas a la que se ven sometidos.

El emplazamiento elegido es el polígono de Constantí, en el ayuntamiento con mismo nombre, en la provincia de Tarragona. El clima de la zona es un clima mediterráneo típico, clasificado según la clasificación Köppen como Csa. (Meteorología y climatología de navarra, 2018)

- C: esta letra indica un clima templado, caracterizado por temperaturas medias anuales cercanas a los 18°C, y precipitaciones entre los 600 mm y los 2000 mm anuales.
- s: esta letra constituye una subdivisión dentro de los climas, y especifica el régimen de lluvias. En este caso la s hace referencia a un verano seco, con un mínimo de precipitaciones marcado, en el que la precipitación del mes más seco es una tercera parte de la precipitación del mes más húmedo, o incluso inferior.
- a: esta última letra se refiere al comportamiento de las temperaturas en verano, en este caso indicando clima subtropical. El verano es caluroso, superando los 22°C de media en el mes más cálido. Al menos en cuatro meses al año, se deben superar los 10°C de media.

La humedad relativa media anual oscila alrededor del 70%. El número medio de días de nieve es cero, mientras que los de helada son once. En cuanto al análisis de vientos, predominan las direcciones suroeste y noroeste, cada una de ellas con un 13% de frecuencia. Por el contrario, el viento sopla con menos frecuencia en la dirección noroeste y oeste.

#### 1.4.1.2 Calidad del aire

La normativa relativa a la calidad del aire se encuentra recogida en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Según el artículo 1, la finalidad es *“Definir y establecer objetivos de calidad del aire, de acuerdo con el anexo III de la Ley 34/2007, con respecto a las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, ozono, arsénico, cadmio, níquel y benzo(a)pireno en el aire ambiente.”*

Teniendo en cuenta los compuestos recogidos en la legislación, y revisando los compuestos de los que se producen emisiones en la planta de producción de paracetamol, no se considera que en ningún caso se produzca un deterioro en la calidad del aire como consecuencia de la actividad de esta. Las partículas sólidas presentan el único caso de riesgo para la calidad del aire, aunque las emisiones son mínimas, debido a que son principalmente partículas de catalizador o negro de carbón recuperadas completamente en los filtros.

En todo caso, se acude al Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya para comprobar los modelos de calidad del aire, y se comprueba que para el caso de partículas en suspensión PM<sub>10</sub> los valores superiores a 40 µg/m<sup>3</sup> representan una superación del valor límite anual. En la zona de instalación de la planta la media se encuentra por debajo de dicho límite, situada entre los 15 y 20 µg/m<sup>3</sup>, por debajo del límite legal.

#### 1.4.1.3 Geología

Esta zona se localiza a aproximadamente 71 metros sobre el nivel del mar, en una llanura prelitoral delimitada por el mar mediterráneo y las cordilleras costeras catalanas. La llanura presenta relieves suaves, en el que las curvas ascienden progresivamente desde la línea de costa hasta el macizo de Montsant.

Desde el punto de vista tectónico, esta zona está situada en la unidad estructural de la Depresión terciaria de Vall-Reus, en una zona comprendida entre el macizo del Priorato, el mar Mediterráneo y una gran falla de desgarre localizada al norte de la ciudad de Tarragona.

#### 1.4.1.4 Hidrología

La zona en la que se sitúa el polígono se encuentra entre dos cuencas hidrográficas: la de Francolí y la cuenca de las Rieras meridionales. La cuenca de Francolí tiene un único río principal que da nombre a la cuenca, y que nace en la Font de l'Espluga de Francolí y desemboca en el Mediterráneo en la ciudad de Tarragona. Por otra parte, la Cuenca de las Rieras meridionales está constituida por varios ríos de corto recorrido que discurren por el macizo de Montserrat hasta

desembocar en el mar Mediterráneo. El cauce más importante de este entorno es el perteneciente a la cuenca del Francolí. Por tanto, de dicho río puede servir de suministro de agua a la planta, así como en caso de vertidos al mismo se debe instalar un sistema de recogida de aguas para su depuración previa.

#### 1.4.1.5 Flora

Debido a que la planta se situará en terreno ya industrializado, su impacto en la vegetación será muy bajo. No obstante, se debe tener precaución a la hora de transportar el material de construcción necesario y las materias primas y productos químicos. Lo más recomendable es cargarlos en camiones en la propia planta y evitar cualquier contacto con la flora y el suelo.

El uso del suelo en la zona es principalmente dedicado a los cultivos (especies hortícolas y frutales como avellanos, olivos y almendros), seguido por la ocupación de infraestructuras y la urbanización del suelo. Destacan otros ejemplares de plantas como el miraguano, una especie trepadora e invasora que se está convirtiendo en plaga en la zona de estudio. Por otra parte, debido a que el clima es mediterráneo, se pueden encontrar ciertas especies características de este tipo de clima como la vegetación climatófila potencial de la zona, los encinares y las retamas. Otras especies mediterráneas encontradas en la zona son el algarrobo, encontrada de forma residual en localizaciones muy puntuales, o el madroño.

#### 1.4.1.6 Fauna

El uso de la zona para la instalación de infraestructuras y la transformación de tierras para el cultivo afectó de forma negativa o transformó el hábitat natural de la zona. Existen núcleos de población cercanos, numerosos polígonos industriales y vías de comunicación, así como construcciones rurales dispersas por el territorio. Las especies animales habituales en este hábitat son aquellas bien adaptadas a la presencia del hombre que utilizan como recurso todo lo presente en ese hábitat, como pueden ser reptiles (salamanquesa común), y aves comunes ligadas a núcleos urbanos. Debido a la presencia de zonas de cultivo, es posible que se mantengan especies que, aunque no se adaptan a la presencia del hombre, son capaces de sobrevivir en este hábitat, como el sapo común, la paloma zurita y la torcaz, y mamíferos como el conejo, el zorro y el tejón.

#### 1.4.2 Riesgos y molestias inducidas debidas al ruido

En este apartado se engloban el impacto generado por los ruidos y las vibraciones. Los equipos que presentan una mayor generación de ruido son los equipos rotativos, que deben cumplir la legislación referente a los niveles máximos de ruido permitidos. El polígono se encuentra rodeado de otros polígonos industriales y el aeropuerto de Reus, por lo que la instalación no supondrá grandes cambios en los niveles de ruido de la zona.



#### 1.4.3 Aspectos estético-culturales

Debido a que la planta de producción de paracetamol se encuentra situada en un polígono industrial, el impacto visual de la construcción será menor, puesto que es una zona habilitada para su instalación, y se encuentra rodeada de plantas que presentan a su vez impacto visual.

En lo referente al patrimonio histórico-artístico, en el emplazamiento no se localiza ningún monumento de interés cultural ni ningún yacimiento arqueológico, por lo que su impacto se considerará nulo.

#### 1.4.4 Aspectos socioeconómicos.

Según datos del año 2011 la población del ayuntamiento era de 6.592 habitantes. Debido a su proximidad con la ciudad de Tarragona, situado a solo 6 kilómetros, una de las principales actividades es el sector químico predominante en la zona. La agricultura ha sido tradicionalmente la actividad económica principal de la zona, pero ha quedado relegada a un segundo plano.

#### 1.4.5 Identificación de impactos

Los impactos citados anteriormente se pueden caracterizar siguiendo diferentes aspectos.

- Carácter: pueden ser positivos o negativos.
- Extensión: mide la influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto según el porcentaje del área del entorno al que afecte.
- Duración: permite distinguir entre efectos según el tiempo que tengan lugar:
  - Efectos temporales: Cuando la actividad cesa deja de existir el efecto.
  - Efectos permanentes: el efecto se mantiene, aunque cese la actividad.
  - Efectos intermitentes: el efecto está ligado a una actividad discontinua, por tanto, sólo se dará cuando se realiza dicha actividad.
- Repercusión: según el ámbito en el que repercuta determinado efecto.
  - Simples: su efecto se presenta sobre un único componente, de forma individualizada
  - Acumulativo: aumenta la repercusión con el tiempo.
  - Sinérgico: cuando el efecto de varios agentes supone un incidente mayor que la suma de efectos aislados.
- Recuperabilidad: según el efecto produzca cambios reversibles o no, se distinguen:

- Efectos reversibles: cuando cesa la actividad se recuperan las condiciones de forma natural.
  - Efectos irreversibles: las condiciones iniciales no se recuperan de forma natural, pero si por acción humana.
  - Efectos irrecuperables: no se puede volver a la situación anterior de ninguna manera.
- Momento: los efectos se clasifican también en:
- Inmediato.
  - Latente: producido pasado un tiempo.

En cuanto al medio físico y biológico, tanto el clima como la fauna y flora de la zona no se verán especialmente afectadas por la construcción de la planta, ya que el área de emplazamiento es un solar habilitado como suelo industrial, y todos los alrededores de la zona están ocupados por polígonos industriales. Se pueden considerar como impactos negativos aquellos referentes a la disminución de la calidad del aire por las emisiones gaseosas, los posibles derrames en el transporte o filtraciones de la planta al suelo, así como la hidrología, por los vertidos de los efluentes líquidos.

#### 1.4.5.1 Impactos en la fase de construcción

Durante la fase de construcción los impactos más notables son debidos al acondicionamiento del terreno, la manipulación de materias primas, el tráfico debido al transporte de los equipos, el funcionamiento de vehículos pesados y el funcionamiento de maquinaria de obra civil.

Entre las emisiones a la atmósfera destacan aquellos provocados por las excavaciones, movimiento de tierra y la circulación de maquinaria por el terreno que aún no está pavimentado, generando polvo y la emisión de material particulado a la atmósfera. La utilización de equipos que funcionen con combustibles fósiles supone que se generarán emisiones contaminantes a la atmósfera, así como fugas de combustible y aceite. En su mayor parte se liberan gases de efecto invernadero como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, que afectarán de manera poco significativa a personas, pero contribuyen a la degradación de la capa de ozono.

En esta fase se generarán a su vez residuos sólidos, clasificables como residuos sólidos urbanos (RSU), entre los que se encuentran el escombros, los materiales de construcción sobrantes, los residuos plásticos y metálicos, residuos de pinturas y disolventes, etc. Por último, en esta etapa se generará ruido debido al mayor tránsito de vehículos como al uso de equipos de construcción.

En la fase de explotación, la calidad del aire se ve afectada por las emisiones gaseosas y de polvo comentadas anteriormente, y sobre todo por aquellas ocasionales debidas a fallos en las conexiones o fugas. De igual manera, la calidad de las aguas se puede ver afectada por posibles derrames de líquidos de proceso que superen la capacidad de los drenajes. Los tanques de almacenamiento están provistos de cubetos de retención para evitar derrames accidentales. Los residuos sólidos generados durante el funcionamiento de la planta son principalmente el catalizador y el negro de carbón desactivados, que son enviados a un agente externo para su recuperación. En cuanto al ruido en esta etapa, destacar que es un contaminante que puede afectar a la salud de trabajadores e incluso a la población y fauna de la zona. Sus efectos se manifiestan en el sistema auditivo, provocando fatiga, hipoacusa, sordera y trauma acústico entre otros. Para evitar problemas la planta debe cumplir la norma existente en materia de ruidos, siendo destacables:

- Decreto 106/2015, del 9 de julio, sobre contaminación acústica de Galicia (DOG 03/08/2015).
- Ley 37/2003, del 17 de noviembre, del Ruido (BOE 18/11/2003).

Por último, en la fase de desmantelamiento tras el cese de la actividad, los impactos serán análogos a la fase de construcción.

Cabe destacar que aplicando correctamente las medidas adecuadas y las mejores técnicas disponibles se pueden reducir al mínimo los impactos ambientales negativos. Hay que destacar por último como impacto positivo la creación de empleo en la zona, además de riqueza para el ayuntamiento, gracias a la venta del producto final como por los salarios a los trabajadores de la zona.

## 1.5 Medidas para reducir los impactos

Este apartado recoge las principales medidas correctoras y preventivas a adoptar para minimizar lo máximo posible los impactos negativos ya expuestos.

### 1.5.1 Medidas preventivas de carácter general

#### 1.5.1.1 Buenas prácticas generales de obra

En la fase de obra se deben llevar a cabo medidas y buenas prácticas organizativas para minimizar las molestias a la población circundante y limitar daños a la calidad del aire, suelo o agua. Algunas de las medidas que se pueden aplicar son:

- evitar llevar a cabo las labores de mantenimiento de los vehículos y maquinaria sobre el terreno, reduciendo así las emisiones contaminantes.

- Para evitar la dispersión de polvo, realizar un ligero riego previo de materiales.
- reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero de los vehículos realizando un buen mantenimiento.

#### 1.5.1.2 Selección de contratistas y suministradores

Se incluirán, además de criterios económicos, criterios ambientales en la elección de estos, priorizando las propuestas que ofrezcan mayores garantías de una gestión medioambiental correcta: maquinaria homologada, empresas con certificaciones ambientales, etc.

#### 1.5.1.3 Plan de gestión de vertidos y residuos

Los residuos generados derivados de la etapa de construcción se deben gestionar según su categoría (inertes, urbanos o industriales), realizando separación de los diferentes tipos y entregándolos a gestores especializados. La gestión de estos residuos se ajustará a lo establecido en la ley 22/2011, referente a residuos y suelos contaminados, y a lo establecido en el Plan Nacional Integrado de Gestión de Residuos. Además, se debe asegurar el adecuado almacenamiento de los residuos desde el momento en que se generan hasta que son gestionados, poniendo especial atención en los residuos peligrosos. Según lo establecido en la orden MAM/304/2002, se entiende por residuo peligroso aquel que cumpla una o más de las características del Anexo III de la dicha orden.

#### 1.5.2 Medidas preventivas para minimizar el impacto atmosférico

En las fases de construcción y desmantelamiento se deben llevar a cabo buenas prácticas que permitan minimizar los impactos sobre el aire. Algunas de ellas son:

- Minimizar la velocidad de los vehículos y establecer límites de velocidad adecuados.
- Regar las superficies.
- Limitar las actividades en áreas que no sufren actividad relacionada con la construcción.
- Impedir la realización de varias actividades simultáneas que puedan generar una gran cantidad de polvo.
- Limitar el número de zonas de acceso a las áreas de construcción.

Además, para reducir las emisiones originadas por la maquinaria, se propone revisar el correcto mantenimiento de estas.

En la fase de explotación, por su parte, deben aplicarse las mejores técnicas disponibles (MTD) para reducir el impacto ambiental.

#### 1.5.3 Medidas para minimizar impactos sobre el suelo y el agua

##### 1.5.3.1 Medidas generales en obra

Durante la fase de obra, se evitará llevar a cabo el mantenimiento de la maquinaria en la parcela, así como operaciones de llenado de tanques y otras actividades que puedan generar vertidos. En caso de ser necesario, se designará una zona para hacerlo, de manera que se facilite la recogida. Además, la nave contará con solera de hormigón, cuneta perimetral y foso o arqueta para la recogida de derrames.

##### 1.5.3.2 Prevención de fugas y derrames

Se deben tener en cuenta derrames o fugas accidentales, además de los efluentes líquidos del proceso. Estas fugas y derrames tienen gran repercusión en el ámbito económico, porque conllevan operaciones de limpieza, saneamiento y eliminación de residuos, y además presentan una repercusión en los ámbitos de salud y medio ambiente. Para disminuir la posibilidad de vertidos se deben cumplir una serie de medidas correctoras como almacenar los materiales peligrosos en zonas donde la probabilidad de fugas sea menor, o realizar estudios de prevención y dimensionamiento de fugas tanto en la fase de diseño como mientras se opera la planta.

#### 1.5.4 Sustancias peligrosas

En lo relativo a sustancias peligrosas, es necesario cumplir con lo establecido en el Real Decreto 840/2015, de 12 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y el cual tiene por objeto la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, así como la limitación de sus consecuencias con el fin de proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente.

#### 1.5.5 Medidas para minimizar el impacto por ruido

El mayor incremento en el nivel de ruido se produce de forma temporal durante la fase de construcción de la planta, debido al movimiento de maquinaria pesada y otros elementos generadores de ruido como taladradoras o martillos neumáticos. Durante la fase de operación, el funcionamiento normal de la planta no debería aumentar los niveles de ruido del polígono de manera significativa.

Uno de los principales factores generadores de ruido tanto en la fase de construcción como en la de operación es el tráfico rodado, por lo tanto, la medida correctora en este caso es

mejorar la fluidez de este, con el fin de cumplir con la normativa vigente en cuanto a niveles de emisión de ruidos:

- Decreto 106/2015, del 9 de julio, sobre contaminación acústica de Galicia (DOG 03/08/2015).
- Ley 37/2003, del 17 de noviembre, del Ruido (BOE 18/11/2003).

#### 1.5.6 Medidas para evitar accidentes

Para evitar accidentes o incidentes en la instalación, se deben seguir una serie de normas presentadas a continuación:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. o Derogado el art. 18 y se modifica el 19.1, por Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo.
  - Modificados los arts. 13.4 y 18.2, por Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto.
  - Añadida una disposición adicional única, por Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo.
  - Modificado el anexo IV, por Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. o
  - Se modifican:
    - los arts. 11, 18, 23 y 25 a 28, por Real Decreto 899/2015, de 9 de octubre.
    - los anexos I, VII y VIII, por Real Decreto 598/2015, de 3 de julio.
  - Se desarrolla, por Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre.
  - Se deroga la disposición transitoria 3 y se modifican los arts. 2.4, 11.1, 15.5, 17 a 21, 23 a 30, 33, 37.2 y la disposición final, por Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo.
  - Se modifica:

- el art. 4.1 y se añade los anexos VII y VIII, por Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo.
- Los arts. 1, 2, 7, 16, 19 a 21, 29 a 32, 35 y 36 y añade el 22 bis, 31 bis, 33 bis y las disposiciones adicionales 10, 11 y 12, por Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo.
- el art. 22, por Real Decreto 688/2005, de 10 de junio.
- las disposiciones final segunda y adicional quinta, por Real Decreto 780/1998, de 30 de abril.
- Se dicta de conformidad:
  - sobre Acreditación de las entidades Especializadas como servicios de Prevención Ajenos a las empresas: Orden de 27 de junio de 1997.
  - regulando el funcionamiento de las Mutuas de Accidentes de Trabajo en Actividades de Prevención de Riesgos Laborales: Orden de 22 de abril de 1997.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
  - Se dicta de conformidad la disposición final 1, estableciendo los criterios básicos sobre organización de recursos de los servicios de prevención: Real Decreto 843/2011, de 17 de junio.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, con todas las modificaciones y derogaciones de artículos recogidas en las diferentes publicaciones del BOE.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Se debe realizar un análisis de riesgos para detectar los puntos de la planta en los que existe una mayor probabilidad de sufrir accidentes.

#### 1.5.7 Medidas para evitar explosiones e incendios

Una de las causas principales de los incendios son los cortocircuitos producidos en las instalaciones eléctricas, por ello la planta debe cumplir con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), recogido en el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto. Asimismo, la instalación debe cumplir con lo determinado por el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Según lo indicado en la legislación, las instalaciones están obligadas a elaborar un Plan de Emergencia Interior, en el que se reflejen las acciones que se deben tomar al detectar una emergencia en la planta, y este plan estará sujeto a inspecciones anuales del Departamento de Industria, así como a visitas periódicas de los Bomberos.

#### 1.5.8 Medidas para la reducción del impacto visual

Puesto que la instalación se encuentra en un polígono industrial habilitado para el emplazamiento de instalaciones industriales, el impacto visual no será significativo, de acuerdo a lo ya expuesto. No obstante, se minimizará este impacto con la instalación de barreras visuales entre las instalaciones y el medio circundante.

#### 1.5.9 Medidas para la prevención del impacto social

En este caso, dado que el impacto social y económico derivado de la instalación de la planta es positivo, no se considera la aplicación de medidas preventivas para minimizar este impacto. Sin embargo, se debe fomentar una buena relación de la ciudadanía con la planta y mantenerla informada sobre los riesgos de la actividad industrial y las medidas de seguridad que se toman para minimizarlos, para evitar de esta forma una situación de malestar en la población que pueda desencadenar malas relaciones.



#### 1.5.10 Desmantelamiento de la instalación

Cuando la instalación finaliza el período de servicio, llega el momento de llevar a cabo el desmantelamiento de la misma. Durante este proceso es fundamental tener en cuenta los residuos que se generan y seguir los procedimientos adecuados en cuanto a medidas de seguridad y protección del medio ambiente.

El procedimiento a seguir en el momento del desmantelamiento consta de los siguientes puntos:

1. Derribo mediante empuje o tracción.
2. Demolición con herramientas manuales.
3. Demolición con martillo rompedor sobre máquina.
4. Utilización de tenazas para rotura.
5. Derribo por golpeo.
6. Fracturación.
7. Demolición por corte y perforación.
8. Desmonte y desguace.

Los materiales restantes y residuos generados tras la demolición pueden tener diferentes destinos, algunos de los cuales se presentan en la siguiente tabla.

MATERIAL	DESTINO
<b>Escombros</b>	Escombrera o vertedero de residuos inertes / Utilización como relleno "in situ".
<b>Hormigón Armado</b>	Escombrera o vertedero de residuos inertes / Utilización como relleno "in situ".
<b>Elementos metálicos</b>	Recuperación o reutilización mediante nueva fusión / Venta como chatarra o recuperación "off - site".
<b>Madera</b>	Escombrera o vertedero de residuos inertes/ Venta como chatarra o recuperación "off - site".
<b>Plásticos, fibra de vidrio, otros.</b>	Escombrera o vertedero de residuos inertes/ Venta como chatarra o recuperación "off - site".
<b>Especiales</b>	Retirada por gestor autorizado / Vertedero controlado y autorizado para residuos industriales peligrosos / Venta como chatarra o recuperación "off - site".

## 1.5.11 Matriz de impactos

Para observar de manera visual los impactos de la instalación se elabora una matriz de impactos de la instalación, una matriz causa-efecto sobre todos los aspectos recogidos anteriormente. Se empleará un código formado por tres colores: rojo (impacto negativo), naranja (impacto insignificante) y verde (impacto positivo). Se analizará el impacto ambiental para la etapa de construcción, así como para la de operación:

	<b>Fase de construcción</b>			
	Acondicionamiento de la tierra	Funcionamiento de maquinaria y vehículos de vapor	Almacenamiento y manipulación del material de obra	Obra civil
<b>Clima</b>				
<b>Atmósfera</b>				
<b>Hidrosfera</b>				
<b>Biosfera</b>				
<b>Ruidos</b>				
<b>Impacto visual</b>				
<b>Socioeconómico</b>				
<b>Terrenos</b>				

Figura 1 Matriz de impactos de la instalación en la fase de construcción

	Fase de operación			
	Presencia de edificaciones y elementos industriales	Almacenaje de materias primas	Funcionamiento correcto de la planta	Funcionamiento incorrecto de la planta (derrames, fugas, etc.)
<b>Clima</b>				
<b>Atmósfera</b>				
<b>Hidrosfera</b>				
<b>Biosfera</b>				
<b>Ruidos</b>				
<b>Impacto visual</b>				
<b>Socioeconómico</b>				
<b>Terrenos</b>				

Figura 2 Matriz de impactos de la instalación en la fase de operación

## 1.6 Programa de vigilancia ambiental

### 1.6.1 Descripción general

#### 1.6.1.1 Objetivo

El programa de vigilancia ambiental establece un sistema que permite garantizar que se cumplen las indicaciones y medidas tanto protectoras como correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental, con el fin de realizar un control de los daños posibles que se generen en el entorno por el desarrollo del proyecto.

#### 1.6.1.2 Alcance

El plan debe cumplir con los siguientes puntos:

- Seguimiento y control de las diferentes actuaciones desarrolladas a lo largo de la ejecución del proyecto, abarcando desde el propio período de obras hasta el de garantía de estas (un año completo a contar a partir de la Recepción Provisional).
- Seguimiento y control de las condiciones ambientales durante la fase de explotación en un período variable (en función del elemento a controlar).

#### 1.6.1.3 Medio de realización

El programa de vigilancia ambiental es llevado a cabo por una entidad ajena a aquellas implicadas en el diseño y la construcción del proyecto, y se debe encontrar integrada en la asesoría fiscal del proyecto, estando ligada a la dirección de obra. La dotación de medios para asegurar la ejecución del Programa se basa en:

- Medios humanos: Las labores de seguimiento durante las obras deben ser llevadas a cabo por una persona con experiencia y conocimiento suficientes en medio ambiente para realizar dichas labores, a dedicación parcial (media jornada). Además, para realizar la interpretación de los datos y solucionar problemas debe disponer de un equipo de consultores externos en cada uno de los temas que sean objeto de estudio.
- Medios materiales: el equipo de vigilancia encargado de realizar el estudio debe tener a su disposición los materiales e instrumentos necesarios para realizar las medidas pertinentes.

#### 1.6.1.4 Ejecución y operación

La ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental debe seguir un orden cronológico predeterminado, con el fin de minimizar fallos.

El primer paso consiste en especificar los medios humanos y materiales que van a ser necesarios, comprobando su disponibilidad y buen estado. Tras realizar este paso previo, se comienza con la recogida de datos de forma periódica. Estos datos son almacenados y clasificados en un archivo para la posterior interpretación de estos. Posteriormente se procede a la interpretación de la información recogida, en la cual se estudian y evalúan los datos obtenidos en las fases anteriores y se evalúa el grado de aplicación de las medidas correctoras y protectoras identificando las fuentes de errores, entre otros procedimientos. Por último, se realiza la retroalimentación, una etapa durante la cual se realizan cambios y mejoras en el programa. La asesoría fiscal decide los cambios en el programa para obtener un mejor resultado

#### 1.6.1.5 Elaboración y gestión de la documentación

En cada una de las etapas mencionadas en el apartado anterior es necesario elaborar una serie de documentos:

- Archivo de medios materiales: en él se recoge toda la información sobre los medios materiales empleados en el programa. Se deben tener en cuenta hojas de especificaciones, fichas técnicas, necesidades de mantenimiento y reparaciones.
- Diario de seguimiento ambiental: en él se registrará toda la información obtenida en las observaciones de manera diaria, así como las acciones correctoras llevadas a cabo. En este diario se reflejan también las incidencias producidas, además de las medidas de seguridad llevadas a cabo. Debe estar constantemente disponible para las autoridades ambientales siempre que lo requieran.
- Informes-resumen periódicos: es un resumen de las observaciones efectuadas, y son elaborados por la asesoría fiscal. En estos informes también se recogen las conclusiones de los estudios, así como las recomendaciones para minimizar el impacto.
- Informe anual de medidas correctoras: se elabora con el fin de reflejar la evaluación de la eficacia y el grado de implantación de las medidas correctoras. Estas nuevas medidas se incluirán en los siguientes casos:
  - Si se produce insuficiencia en las medidas correctoras tomadas.
  - En caso de que se produzcan nuevos impactos ambientales.
  - Si los avances tecnológicos permiten aplicar sistemas de corrección más eficaces.

#### 1.6.2 Actividades de seguimiento

En este epígrafe se procede a detallar, para cada uno de los impactos estudiados, los aspectos que se deben controlar, su periodicidad, los medios, los objetivos, los medios de control

o los valores límite que no se deben superar. Este análisis de seguimiento se realizará para el clima, calidad del agua y del aire, flora y fauna, ruido e impacto visual, y al igual que para apartados anteriores, se distingue entre fase de obra y de operación.

#### 1.6.2.1 Clima

- Aspectos a controlar: variables climáticas.
- Finalidad: Recopilación de los pronósticos climáticos que permitan una programación adecuada de las tareas de la obra.
- Ubicación de control: los datos se recogen de las estaciones meteorológicas más cercanas, cuyos datos aparecen publicados por la Agencia Estatal de Meteorología de España.
- Medio de control: recopilación de los principales datos climáticos obtenidos.
- Duración y periodicidad: se realizan controles mensualmente, independientemente de la fase en la que se encuentre la planta.
- Parámetros de control: temperatura, velocidad y dirección del viento, precipitaciones, humedad relativa y presión atmosférica.

#### 1.6.2.2 Calidad del aire

- Aspectos a controlar: calidad del aire en los alrededores de la planta y niveles de inmisión.
- Finalidad: comprobar que la instalación de la planta no produce ninguna alteración en la calidad del aire de la zona debido a la inmisión de partículas en suspensión  $PM_{10}$  y gases de efecto invernadero.
- Ubicación: los datos se recogen en los puntos de movimiento de maquinaria para la fase de obra y en los puntos de medida existentes cerca de los focos de emisión a la atmósfera en la fase de operación.
- Medio de control: Recopilación de datos de inmisión.
- Duración y periodicidad: se lleva a cabo un control en continuo, puesto que la calidad del aire es uno de los aspectos más importantes a la hora de controlar el impacto ambiental.
- Parámetros de control: concentraciones en aire de los gases tóxicos o de efecto invernadero, así como cantidad de material particulado en suspensión, especialmente en la fase de obras.

#### 1.6.2.3 Hidrología

- Aspectos a controlar: calidad de las aguas superficiales en las que se produce la descarga de los efluentes (tratados de forma previa en una estación depuradora), así como control de la calidad de las aguas subterráneas, para comprobar la existencia de lixiviados.
- Finalidad: comprobar que la instalación de la planta no produce ninguna alteración en la calidad del agua de la zona, comparado los resultados obtenidos con los valores habituales históricos.
- Ubicación: los datos se recogen en la misma zona de implantación.
- Medio de control: controlar la correcta gestión de residuos y vertidos y realizar medidas de diferentes parámetros del agua recogiendo muestras para su análisis en laboratorio.
- Duración y periodicidad: se lleva a cabo un control permanente, con el fin de detectar un vertido indeseado en cualquier momento.
- Parámetros de control: correcta manipulación de los residuos, correcta caracterización de los vertidos producidos, autorizaciones gestionadas, así como orden y limpieza adecuados en la instalación.

#### 1.6.2.4 Flora y fauna

- Aspectos a controlar: modificación del número de especies animales y vegetales causada por la implantación de la instalación.
- Finalidad: controlar que la instalación, tanto en la fase de obra como en la de operación, no tiene influencias sobre la flora y la fauna del lugar.
- Ubicación: observación de un especialista.
- Medio de control: observación visual del ecosistema y realización de consultas con organismos locales y vecinos.
- Duración y periodicidad: se lleva a cabo una inspección mensual durante la fase de obra y desmantelamiento y para la fase de mantenimiento sólo se debe llevar a cabo un estudio en caso de incidencias reseñables.
- Parámetros de control: alteración de la flora y fauna en los alrededores de la planta.

#### 1.6.2.5 Ruido

- Aspectos a controlar: nivel de ruido durante la fase de obras. Comprobar que la maquinaria cumple lo especificado en el RD 245/1989 y las Órdenes que lo modifican.
- Finalidad: comprobar que tanto la construcción como la operación de la planta no producen ningún tipo de molestia sonora a la población.
- Ubicación: En la propia parcela, haciendo uso de sonómetros.
- Duración y periodicidad: semanalmente durante la fase de obras y al comienzo de la actividad de la planta. No se realiza otra medida hasta que se produzca alguna incidencia.
- Parámetros de control: medir el nivel de ruido, comprobando que no se superan los límites establecidos por la normativa.

#### 1.6.2.6 Impacto visual

- Aspectos a controlar: el impacto visual derivado de la instalación de la planta, como pueden ser alteraciones en el paisaje.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzcan más impacto del necesario en la zona de implantación.
- Ubicación: en la parcela de la planta.
- Medio de control: observación visual.
- Duración y periodicidad: diariamente durante la fase de obras y al comienzo de la actividad de producción.
- Parámetros de control: comprobar que la zona cumple con los requisitos de orden y limpieza durante la obra.

### 1.7 Resumen del estudio

En este documento se realiza un Estudio del Impacto Ambiental (EIA) generado por la planta de producción de paracetamol, tanto en la fase de construcción como en el desarrollo de la actividad productiva de la instalación.

Se realiza en primer lugar una breve descripción del proyecto, identificando las principales emisiones y justificando las alternativas escogidas para su gestión. A continuación se realiza un inventario ambiental, describiendo la zona de implantación de la instalación y los



elementos susceptibles de sufrir algún tipo de impacto debido a la puesta en funcionamiento de la planta, proponiendo medidas par evitar o reducir dichos impactos. Por último, se incluye un Programa de Control y Vigilancia Ambiental, de forma que se asegure que las medidas son implantadas de forma correcta, tanto en el tiempo que abarca la construcción como el primer período de actividad de la planta.

En vista de los resultados obtenidos en el estudio realizado, se puede extraer una valoración global sobre el impacto de la planta sobre el medio ambiente. Los impactos más significativos son los siguientes:

- Calidad del aire, debido a la emisión de polvo y partículas en suspensión.
- Ruidos, especialmente en la fase de construcción debido a la utilización de maquinaria pesada.
- Algunos de los productos necesarios en el proceso productivo son tóxicos, por lo que se debe garantizar un adecuado almacenamiento y una gestión adecuada de los residuos.
- Calidad del agua, debido al vertido de aguas residuales.

Estos impactos negativos se pueden reducir si se lleva a cabo una aplicación rigurosa de las medidas propuestas para el tratamiento de corrientes, la minimización de ruidos y la prevención de accidentes y derrames, de acuerdo con las indicaciones del Programa de Control y Vigilancia Ambiental.

Como principal impacto positivo, se destaca el socioeconómico, puesto que el sector industrial es la principal fuente de beneficios de la zona.

## **2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **2.1 Antecedentes y objetivo**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es un documento estrictamente descriptivo que debe servir de base para una posterior elaboración de un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo. Se establecen tanto las condiciones como las consideraciones mínimas de seguridad y salud a tener en cuenta en obras de construcción.

La Directiva Europea 92/57/CENE, que se traspone en España mediante el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. En este estudio se recogen las directrices básicas a seguir por la empresa para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos, contemplando aquellos riesgos laborales que pueden ser evitados (indicando las medidas técnicas necesarias) y los que no puedan ser evitados (indicando en dicho caso las medidas de protección y prevención necesarias). La elaboración de este documento es obligatoria para este caso y según lo dispuesto en el artículo 5 de este Real Decreto, se debe tener en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en el recinto de la instalación, así como las previsiones e informaciones útiles para efectuar los previsibles trabajos posteriores.

### **2.2 Características de la obra**

Esta obra se corresponde con la construcción de una planta de producción de paracetamol en el polígono industrial de Constantí, en Tarragona.

#### **2.2.1 Puesta en marcha, documentación y trámites administrativos previos**

De forma previa al comienzo de los trabajos es necesaria la realización de una serie de tareas:

- Designación de Coordinador de Seguridad y Salud durante la fase de Proyecto. Si procede según lo definido en el Real Decreto 1627/97. La designación corresponde al Promotor
- Redacción y Visado del Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud, que es el documento de partida para el diseño de la acción preventiva, sirviendo posteriormente para desarrollar el Plan de Seguridad y Salud.
- Designación de Coordinador de Seguridad y Salud durante la fase de Ejecución. Si procede según lo definido en el R.D. 1627/97.
- Redacción del Plan de Seguridad y Salud. Según lo definido en el Real Decreto 1627/97 su redacción corresponderá a la empresa Contratista.

- Aprobación del Plan de Seguridad y Salud. El Coordinador de Seguridad y Salud se encargará del análisis y la validación de su contenido.
- Tramitación del Aviso Previo de la Obra. El Promotor debe dar aviso a la Autoridad Laboral.
- Tramitación de la Apertura de Centro de Trabajo, que permitirá el comienzo de la actividad.
- Libro de Subcontratación, donde se incorporarán las empresas que intervienen acreditando que cumplen los niveles de subcontratación permitidos. Deberá mantenerse actualizado a lo largo del desarrollo de los trabajos.

#### 2.2.2 Proceso de construcción de la planta

##### 2.2.2.1 Reconocimiento de la zona por el Contratista, acompañado de la Propiedad o de la Dirección Técnica de Obra

En dicha visita, el Contratista Adjudicatario visita la zona para hacerse una idea de lo que debe hacer para el inicio de las obras, y poder emitir un presupuesto adecuado a las características de la obra, comprobando si se dispone de los medios, maquinaria y personal cualificado.

##### 2.2.2.2 Organización previa de los trabajos:

El Contratista Adjudicatario debe haber una organización previa junto con la Dirección Técnica y el Coordinador de Seguridad y Salud durante la fase de ejecución, con el fin de elaborar las directrices necesarias para el tipo de obra a desarrollar.

El Contratista marcará la planificación de los trabajos, que debe ser incluida en el Plan de Seguridad y Salud, y debe además evaluar los riesgos de la actividad a realizar. El Plan debe ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

##### 2.2.2.3 Obtención de licencias de ocupación de la calzada y permisos necesarios.

##### 2.2.2.4 Organización del área en la que se desarrollan las obras:

- Acceso a la obra (tráfico rodado, peones, etc)
- Provisiones de material de construcción.
- Interferencias con servicios afectados debidos a la ejecución de las obras.
- Extintores de incendios.
- Accesos a maquinaria pesada a la hora de situar esta en el interior de las instalaciones.

#### 2.2.2.5 Proceso previsto

Los trabajos a desarrollar son, entre otros, los mostrados a continuación:

- Excavaciones a cielo abierto.
- Cimentaciones.
- Cubiertas.
- Colocación de anclajes y depósitos.
- Albañilería y cerramientos.
- Soldaduras.
- Comprobación de soldaduras mediante rayos X.
- Montaje de equipos y tuberías.
- Instalación eléctrica
- Colocación de válvulas y accesorios de medida y control.
- Obras complementarias y remates.

#### 2.2.2.6 Maquinaria a emplear

Es propiedad del contratista o de los subcontratistas. Esta maquinaria incluye:

- Grúa auto transportadora para la elevación y carga de equipos.
- Camión grúa.
- Camión para el transporte de materiales.
- Máquinas y herramientas manuales como taladros, pistolas de clavos, rozadora radial, etc.
- Equipo compresor.
- Apisonadora.
- Equipo electrógeno para el suministro eléctrico de la obra de forma provisional.

#### 2.2.2.7 Zonas de acopio de materiales y viales internos

Se debe delimitar la superficie y definir la organización de las zonas de acopio de materiales, así como los viales internos. La superficie empleada con estos fines debe ser lo más

amplia posible, y debe ser accesible a la grúa instalada en la obra, así como para los vehículos de transporte de materiales.

#### 2.2.2.8 Delimitación de zonas provisionales durante la obra

En el desarrollo de la obra se debe establecer una zona de servicios higiénicos mínimos para los trabajadores (comedor, zona de vestuarios, etc), así como delimitar una zona destinada a la circulación de la maquinaria y camiones por toda la obra. Se deberá disponer de una señalización adecuada, así como una delimitación visual de las zonas mediante balizamientos luminosos o vallado de obra en caso de ser necesario.

### 2.3 Identificación, análisis y medidas de prevención de los riesgos en la fase de obra

Como respuestas a los riesgos presente durante las obras de construcción de la planta debidos a la tecnología empleada y al desarrollo de los trabajos previstos de la obra, se deben adoptar una serie de medidas con el objetivo principal de evitar dichos riesgos, y en caso de no poder ser eliminados, que sus consecuencias puedan ser reducidas.

Para ello se proponen una serie de soluciones constructivas, de organización, protecciones colectivas y equipos de protección individual y señalización con el fin de neutralizar o de reducir los riesgos a la categoría de riesgo moderado o tolerable.

Esto supone un elemento de gran importancia, puesto que los accidentes laborales, además de suponer un coste humano o económico para la persona accidentada, repercuten en la empresa y la sociedad de igual manera.

#### 2.3.1 Medidas de prevención generales

Entre las principales medidas de seguridad generales destacan:

- Se dispondrá de caminos seguros para el acceso a los puntos de encofrado y hormigonado, y se circulará por los mismos con un arnés de seguridad que permita desplazarse por un cable horizontal seguro.
- Las maniobras de la maquinaria deben estar dirigidas por una persona diferente al conductor y la incorporación de camiones a la vía pública será supervisada por una persona distinta al conductor.
- Las paredes de la excavación se controlarán cuidadosamente tras períodos de grandes lluvias o heladas.

- Se prohibirá la realización de cualquier actividad en caso de que exista riesgo de caída a distinto nivel sin realizar la instalación previa de una red de seguridad.
- Se instalará vallas de seguridad en lugares desde los que exista el riesgo de caída al vacío.
- Se prohibirá la presencia del personal en las proximidades de las máquinas durante los trabajos de cimentación y excavación.
- Queda prohibida la circulación interna de vehículos a una distancia mínima de aproximación del borde de coronación de vaciado de 3 metros en el caso de vehículos ligeros y de 4 metros para vehículos pesados.
- Se evitará la presencia de personas en aquellos lugares en los que exista riesgo de atrapamiento.
- Las zonas de trabajo se limpiarán periódicamente de escombros evitando así la acumulación de material.
- Los trabajadores en la fase de construcción respetarán las medidas de seguridad establecidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

### 2.3.2 Sistemas de protección colectiva

La protección colectiva tiene como objetivo la protección de forma simultáneas de varios trabajadores expuestos a un riesgo determinado. En los siguientes apartados se recogen las medidas de protección para algunas de las actividades de construcción ya mencionadas.

#### 2.3.2.1 Movimiento de tierras

Se entiende por movimiento de tierras la explanación, relleno o compactación de tierras, en las cuales los riesgos más comunes son:

- Desplome de tierras.
- Desprendimiento de materiales (tierra, piedras, etc)
- Caídas al mismo o diferente nivel.
- Atropellos, colisiones, vuelcos o falsas maniobras de la maquinaria de obras.
- Inhalación de polvo o partículas en suspensión.

A la hora de diseñar la acción preventiva durante el desarrollo de los trabajos de movimientos de tierras se debe tener en cuenta:

- La resistencia del terreno y su capacidad mecánica.
- Correcta señalización de los diferentes riesgos, e indicando la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de vaciado de 2 metros.
- Queda prohibida la circulación de personal en el radio de acción de la maquinaria.
- Revisión de vehículos y maquinaria periódicamente.
- Modificaciones de las características del terreno por agentes externos como lluvia o altas temperaturas.
- Se deben programar los trabajos y definir viales internos separando la circulación de trabajadores de la de otros vehículos de obra, manteniendo dichos viales bajo un continuo cuidado y mantenimiento.
- Todo el personal responsable del manejo de vehículos o cualquier otro equipo o maquinaria debe poseer la correspondiente Certificación de Capacitación.

#### 2.3.2.2 Encofrado y estructuras.

En este apartado se encuentra los trabajos de cimentación posteriores al movimiento de tierras. Los riesgos principales son:

- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Sobreesfuerzos
- Proyección de partículas.
- Dermatitis por contacto con el cemento y demás materiales de construcción.
- Ruido y vibraciones.
- Cortes con elementos punzantes.
- Rotura o hundimiento de encofrados.
- Choques, golpes o atropellos.

Entre las medidas de seguridad en este tipo de trabajos destacan:

- Señalización adecuada de los riesgos.
- Orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- Las operaciones de vibrado serán realizadas sobre estructuras estables.

- Prohibición de circulación del personal en el radio de acción de los equipos mecánicos.
- El desencofrado se realizará con ayuda de unas metálicas.
- El camión hormigonera debe ser correctamente calzado a lo largo de la operación de vertido del hormigón.
- Equilibrado correcto de andamios y demás estructuras con el objeto de impedir su desplome.
- Las barras deben ser almacenadas de forma ordenada y sin interceptar el paso de trabajadores o maquinaria.

#### 2.3.2.3 Trabajos de albañilería

Comprende los principales riesgos asociados al trabajo con válvulas y tuberías:

- Caídas de personal o caída de objetos al mismo o distinto nivel.
- Heridas por cortes debidas al manejo de herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos
- Electrocución.
- Atrapamientos debidos a los medios de elevación y transporte.

En estos casos, con el fin de prevenir y minimizar los riesgos derivados de posibles caídas tanto de objetos como de operarios se debe:

- Instalar marquesinas, pasarelas, barandillas, redes verticales u horizontales, andamios, escaleras de acceso, plataformas para carga y descarga de material y carcasas de protección para las zonas móviles de la maquinaria.
- Señalizar correctamente los diferentes riesgos en la zona de trabajo.
- En caso de cerramientos, delimitar la zona evitando el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Conocer la estructura de las tuberías subterráneas para evitar que se vean afectadas por el desarrollo de las obras.
- Colocar los tubos con una sujeción adecuada, evitando su desplazamiento.



- Señalizar las zonas profundas, y equiparse de forma adecuada para el acceso a estas.
- Empleo de detectores de gas ante posibles fugas de tuberías subterráneas.

#### 2.3.2.4 Trabajos en altura

Los riesgos generales más importantes son:

- Caídas al mismo o distinto nivel
- Resbalones o deslizamientos.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Trabajos en condiciones meteorológicas adversas.
- Caída o desplome de objetos desde altura.

Las principales medidas de protección colectivas ante dichos riesgos son:

- Señalización correcta de los diferentes riesgos.
- Los trabajos realizados en altura, en caso de ser posible, se realizarán con ayuda de equipos diseñados con el fin deseado.
- Capacitación del personal.
- Los andamios, plataformas y pasarelas con altura superior a dos metros y desde las cuales exista riesgo de caída deben protegerse con barandillas de protección.
- Verificar el correcto estado de los medios empleados.

#### 2.3.2.5 Trabajos de soldadura y oxicortes

Incluye los trabajos de soldadura y corte de piezas metálicas durante la construcción. Los riesgos más importantes son:

- Choque eléctrico.
- Cortes.
- Daños oculares y dérmicos.

## Documento V. Estudios con entidad propia

- Explosiones.
- Sobreesfuerzos.
- Exposición a humos y gases tóxicos.

Las medidas de protección colectivas principales son:

- Señalización correcta de los riesgos presentes.
- Empleo de sistemas de extracción local, protección sanitaria del personal y ventilación general en función de la necesidad específica.
- No emplear grasas en la manipulación de botellas de oxígeno.
- Almacenamiento de bombonas y botellas en posición vertical y cubierto.
- Capacitación del personal.

### 2.3.2.6 Montaje de la instalación eléctrica

Los riesgos asociados más importantes son:

- Electrocutión o quemadura.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Cortes debidos al manejo de herramientas.

Las principales medidas de protección colectivas son:

- Proveer las tomas de corriente de neutro de enclavamiento y blindarlas.
- Ajuste de la instalación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Los cuadros eléctricos de distribución deben ubicarse en zonas de fácil acceso.
- En caso de operación con humedad elevada, será preciso el empleo de un transformador portátil de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

- En caso de que existan líneas de tendido eléctrico que afecten a la seguridad de la planta, serán desviadas fuera del recinto de la obra o se cortará su suministro de tensión.
- Mantenimiento periódico de las mangueras, tomas de tierra, enchufes, etc.

#### 2.3.2.7 Empleo de maquinaria de obra

Los riesgos asociados más importantes son:

- Vuelcos.
- Hundimientos.
- Choques.
- Formación de atmósferas agresivas o molestas.
- Ruidos.
- Atropellos.
- Cortes, golpes o proyecciones.

Los trabajos con maquinaria presentan las siguientes medidas de protección:

- Los operarios serán capacitados para el manejo de dicha maquinaria.
- Se cumplirán las normas dictadas por el Reglamento de Seguridad en Máquinas.
- Se asegurará el buen estado técnico de los equipos, así como su limpieza.
- Prohibida la presencia de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.
- Dotar a las máquinas con alimentación de energía de toma de tierra.

#### 2.3.3 Medios de protección individual

Los equipos de protección individual (EPI) se definen como *“cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”* por el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por parte de los trabajadores de equipos de protección individual.

Se debe comprobar a su vez que dichos equipos cumplen las condiciones establecidas por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, que regula las condiciones para su comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual deben disponer del indicativo “CE” colocado de forma visible, legible e indeleble, tal y como establece el Real Decreto 159/1995.

Estos equipos deben ser entregados a los trabajadores por el adjudicatario, y estos deben asegurarse del uso correcto del equipo disponible, colocar el equipo, una vez empleado, en el lugar adecuado habilitado para dicho fin, e informar sobre daños o defectos sufridos por el equipo al superior.

#### 2.3.3.1 Cascos

Los cascos son imprescindibles en los casos en que los trabajadores se vean sometidos al riesgo de caída de objetos sobre la cabeza. Los cascos serán de polietileno rígido, y provistos de arnés regulable y bandas de amortiguación. Existen cascos con protección contra golpes en la cabeza, y en caso de que se ejerzan actividades de soldadura u oxicorte el casco debe disponer a su vez de una pantalla abatible de protección contra radiación de soldadura, con filtro recambiable. Todos los cascos deben ser homologados, cumpliendo con las condiciones dictadas por las Notas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo (NTP 228).

#### 2.3.3.2 Protección auditiva

Existen dos tipos principales de protección:

- Protección interna (tapones): son colocados en el interior del canal externo del oído, y hechos de materiales que no produzcan daños a las personas que los emplean. Se utilizan en escenarios con un ruido inferior a 80 dB.
- Protección externa (cascos auriculares protectores): Son fabricados con casquetes auriculares ajustables que cubren de forma completa el pabellón auditivo, con almohadillas recambiables y un cojín que permite adaptarlos a la oreja. Su uso puede ir acompañado o no del casco de seguridad. Su uso es necesario cuando el ruido supera los 80 dB.

#### 2.3.3.3 Guantes de seguridad

Existen diferentes tipos de materiales para la fabricación de los guantes de seguridad, tanto naturales como sintéticos, que son los encargados de la protección de las manos:

- Guantes de neopreno: Son necesarios para el manejo de hormigón, mortero, yeso y demás sustancias tóxicas.

- Guantes de cuero: Empleados para el manejo de la gran mayoría de materiales de obra.
- Guantes para soldar: empleados en trabajos de soldadura y oxicorte.
- Guantes aislantes de baja tensión: Empleados para el manejo de circuitos eléctricos o máquinas en contacto con tensión.

#### 2.3.3.4 Botas de seguridad

Son de dos tipos principalmente:

- Botas de seguridad reforzadas: la bota, hecha habitualmente de cuero, incorpora elementos de protección con el fin de evitar lesiones en el operario, como planchas metálicas que impiden el aplastamiento de los dedos en caso de caídas de objetos pesados. La suela suele ser metálica, con el fin de evitar el paso de elementos punzantes. Son diseñadas para ofrecer protección frente a impactos con un nivel de energía de 200 J.
- Botas impermeables: Están hechas de material de caucho o goma en una sola pieza, y con un revestimiento de felpilla en su interior para la recogida de sudor. Son empleadas en trabajos con humedad o agua.

#### 2.3.3.5 Gafas de protección

Son empleadas para la protección ocular en trabajos con riesgo de impacto de partículas o de salpicaduras de sustancias peligrosas. Pueden ser gafas de montura tipo universal, las cuales se semejan a las gafas empleadas habitualmente con protectores laterales, o pueden ser gafas con montura de tipo integral, donde la montura y los protectores forman una única pieza.

#### 2.3.3.6 Pantallas de protección

Son elementos de protección facial empleados para labores de soldadura eléctrica. Constan de un armazón fabricado en un material opaco a la radiación, en el que existe un hueco libre para acoplar elementos de visión, como filtros u oculares filtrantes.

#### 2.3.3.7 Ropa de protección

La ropa de protección debe cubrir la totalidad del cuerpo, y está disponible en diferentes tejidos prefiriendo aquellos ligeros y flexibles.

Deben permitir la fácil limpieza y desinfección del tejido. Y se ajustarán al cuerpo sin perjuicio de la comodidad y facilidad de movimiento. En caso de ser posible se evitará el uso de elementos adicionales como pueden ser cordones, botones y demás para evitar enganches o acumulación de suciedad.

En caso de ser necesaria la protección contra el calor, se emplearán trajes de cuero. Para la protección contra el frío y la lluvia es preferible el uso de prendas a base de tejidos de material aislante con acolchado. Por último, hay que destacar que se dispondrá de piezas de señalización para ambientes con baja visibilidad como cinturones, chalecos y guantes.

#### 2.3.3.8 Protección anticaídas

Este tipo de dispositivos se caracterizan por disponer de un sistema de presión del cuerpo y un subsistema de conexión. El dispositivo de presión suele ser un arnés acompañado de un sistema de amarre, encargado de retener en cuerpo que cae garantizando la posición correcta de la persona, mientras que el subsistema de conexión permite la sujeción del arnés por el dispositivo de anclaje situado en la estructura.

#### 2.3.4 Señalización

La señalización se presenta como obligatoria a la hora de la prevención de riesgos en un emplazamiento industrial.

Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se diferencian los siguientes tipos de señales:

- Señal de advertencia: presenta una forma triangular, y se compone de un pictograma negro sobre fondo amarillo, que cubrirá al menos el 50% de la superficie, con bordes en color negro.



Figura 3 Señales de advertencia

- Señal de prohibición: presenta una forma redonda, con un pictograma sobre fondo blanco, con los bordes y la banda transversal descendente de izquierda a derecha en color rojo.



Figura 4 Señales de prohibición

- Señal de obligación: presenta una forma redonda, con el pictograma blanco situado sobre fondo azul, que debe cubrir al menos el 50% de la superficie.



Figura 5 Señales de obligación

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios: presentan una forma rectangular o cuadrada, con un pictograma en color blanco sobre un fondo rojo que cubra al menos el 50% de la superficie de la señal.



Figura 6 Señales relativas a los equipos de lucha contra los incendios

- Señales de salvamento o socorro: Presentan una forma rectangular o cuadrada, con el pictograma blanco sobre fondo verde (que debe cubrir al menos el 50% de la superficie de la señal).



Figura 7 Señales de salvamento y socorro

Además, se aporta el código para la señalización de las tuberías para el transporte de fluidos, establecido por la norma UNE-1063.



## 2.4 Normas de Actuación Preventiva

### 2.4.1 Medidas generales y planificación

En el Plan de Seguridad y Salud se deben reflejar las situaciones de emergencia reflejadas en el Estudio de Seguridad, y se deben establecer las medidas en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores. La empresa constructora estará obligada a cumplir las directrices y por ello se debe designar al personal con una formación conveniente y poner a su disposición el material adecuado.

El Estudio de Seguridad se considera parte integrante de la ejecución de la obra, tanto en la aprobación como en el control y supervisión de esta, y dejando constancia de cualquier modificación en un Libro de Incidencias. Periódicamente se deben llevar a cabo las certificaciones del Presupuesto de Seguridad y Salud.

## 2.5 Control de seguridad en la fase de obra

A continuación, se muestran los principales instrumentos que intervienen en la fase de construcción, así como las funciones asignadas a cada uno de ellos.

### 2.5.1 Coordinador de seguridad y salud

Esta figura del Coordinador de Seguridad y salud debe existir tanto en la fase de redacción como en la de aplicación y control en obra del Estudio de Seguridad y Salud. Las funciones a desarrollar por el Coordinador de seguridad y salud de la obra son:

- La coordinación de la aplicación de los principios de seguridad y prevención, por lo que es el encargado de tomar las decisiones técnicas y de organización de los trabajos a desarrollar durante la fase de construcción, estimando a la vez su duración.
- Debe coordinar también las actividades de la obra para que tanto contratistas, como subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen los principios de acción preventiva dictados por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

### 2.5.2 Comité de Seguridad e Higiene

En caso de que el número de trabajadores sea mayor que 25, se debe constituir este Comité de Seguridad y Salud, que estará formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y que representa a la Dirección de la Empresa. A su vez, dos trabajadores pertenecientes a las categorías profesionales o de oficios que más intervengan a lo largo de la duración de la obra, y

un Vigilante de Seguridad, elegido en base a sus conocimientos y competencia profesional en el ámbito de la Seguridad y la Salud.

#### 2.5.3 Vigilante de seguridad

El vigilante de seguridad es nombrado por parte del contratista, que debe informar de cuantos incidentes o problemas vea al Coordinador de Seguridad y Salud, y hacer cumplir la normativa de Seguridad estipulada en la obra. Entre sus obligaciones más importantes se encuentran:

- Examinar las condiciones de limpieza, orden, ambiente, instalaciones y máquinas con referencia a la detección de riesgos profesionales.
- Promover el interés y cooperación de los trabajadores en materia de salud y seguridad.
- Prestar los primeros auxilios a accidentados.
- Colaborar en la investigación de accidentes.
- Redactar partes de incidentes.
- Controlar los acopios y existencias de los materiales de seguridad.
- Dirigir la puesta en obra de las unidades de seguridad.
- Revisar la obra diariamente para detectar deficiencias en materia de seguridad.

#### 2.5.4 Parte de accidentes y deficiencias

Se realizará un informe por cada accidente ocurrido en el lugar de trabajo, aunque no haya causado baja en la plantilla de trabajadores, y aparte del que se cumplimente para el envío a los Organismos Oficiales del Estado. En él se deben especificar:

- Nombre del accidentado, categoría profesional y oficio.
- Hora de producción de accidente, así como días, mes y año.
- Identificación de la obra.
- Causa del accidente y lesiones sufridas.
- Lugar en el que ocurrió el accidente.
- Maquinaria, maniobra o acción que provocó el accidente.

- Lugar, persona y forma de producirse la primera cura.
- Testigos del accidente.

En cuanto al parte de incidencias.

- Identificación de la obra.
- Lugar y fecha en que se ha producido la observación.
- Riesgos observados.
- Medidas de seguridad para la mejora o reparación de la deficiencia en cuestión.

#### 2.5.5 Libro de incidencias

Para asegurar el control y seguimiento sobre el Plan de Seguridad y Salud, en cada centro existe un Libro de Incidencias que consta de hojas duplicadas y es facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Debe mantenerse siempre en la obra y en poder del Coordinador. Las anotaciones en dicho libro podrán ser realizadas por el constructor, el contratista principal, subcontratistas y trabajadores autónomos, o personas con responsabilidad en materias de prevención de riesgos de las empresas intervinientes. El Vigilante de Seguridad es el encargado de remitir en plazo de un día una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y notificar la anotación al contratista afectado, así como al representante de los trabajadores.

#### 2.5.6 Conclusiones

Con lo descrito en los documentos que conforman el Estudio de Seguridad y Salud, quedan definidas las medidas de prevención, así como los medios de protección individual y colectiva que son necesarios en cada fase de la construcción de la planta de producción de paracetamol. A partir de este documento se podrá elaborar el Plan de Seguridad y Salud, donde se incluye información más detallada, así como presupuestos, planos y pliegos de condiciones.

Se fuera necesaria la realización de alguna modificación, o se modificara un sistema constructivo de los previstos en este documento, es obligado revisar las medidas de prevención contenidas en el presente Estudio de Seguridad y Salud, así como redactar las modificaciones necesarias.